جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیر کبیر

راهنمای علوم فنی

(رشته مهندسی مکانیک)

مؤلفین: Rosemarie Buhlman
Anneliese Fearns

مترجم: کیجا پرویز

راهنمای علوم فنی

(رشته مهندسی مکانیک)

Hinführung zur naturwissenschaftlich - technischen Fachsprache

مؤلفین:

Rosemarie Buhlmann, Anneliese Fearns

مترجم:

کیجا پرویز

انتشارات جهاد دانشگاهی

صنعتی امیرکبیر

بولمان رزماری Buhimann, Rosemarie
راهنمای علوم فنی (رشته مهندسی مکانیک)
مؤلفین ارزوماری، بولمان آنه لیزه فرنس ؛ مترجم کیجا پرویز - تهران: جهادانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر)، ۱۳۸۱.
۲۹۴ ص: مصور. ISBN 964-6096-71-9
فهرستنونی بر اساس اطاعات فیپا.
عنوان به آلمانی: Hinfuhrung zur natarsisswenschaftlich technischen fachsprache
کتابخانه: ص.۲۹۳-۲۹۴
۱.مکانیک -- راهنمای آموزشی. الف فرنس، آنه لیزه Fearus , Anneliese
ب. پرویز، کیجا، ۱۳۳۹ـ مترجم. جهاد دانشگاهی. واحد صنعتی امیرکبیر.

د. عنوان .۲ر ۹ ب /۸۰۹/ QAR ۵۳۱/۰۷۶
کتابخانه ملی ایران ۲۹۴۹۱-۸۱م

انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر

● **عنوان** : **راهنمای علوم فنی (رشته مهندسی مکانیک)**
● **مؤلف** : Rosemarie Buhlmann, Anneliese Fearns
● **مترجم** : کیجا پرویز
● **ناشر** : انتشارات جهاددانشگاهی دانشگاه صنعتی امیرکبیر
● **قطع و صفحه** : وزیری ۳۰۴ص
● **چاپ** : قلم (۸۸۳۸۳۶۹)
● **لیتوگرافی** : قلم
● **تیراژ** : ۱۰۰۰ نسخه
● **نوبت چاپ** : اول ۱۳۸۱
● **قیمت** : ۲۶۰۰۰ ریال
● **شابک** : ۹۶۴-۶۰۹۶-۷۱-۹ ISBN: 964-6096-71-9
● **آدرس و مرکز پخش : تهران - خیابان حافظ - روبروی خیابان سمیه دانشگاه صنعتی امیرکبیر**
تلفن ۶۴۶۵۳۹۲ فاکس ۶۹۵۰۹۸۲

بسم الله الرحمن الرحیم

پیشگفتار جهاددانشگاهی

اکنون در دوران بازسازی مملکت اسلامیمان ایران، توجه به تقویت بنیهٔ علمی دانشگاهها و دیگر نهادهای مقدس علمی یکی از وظایف همه آگاهان و دست‌اندرکاران امور می‌باشد. از این‌رو جهاددانشگاهی با علم و آگاهی نسبت به این مهم تمامی نیرو و توان خود را صرف تجهیز علمی و اقتصادی هر چه بیشتر دانشجویان و آینده‌سازان جامعه، نموده است و در این راه از هیچ کوشش و تلاشی دریغ نخواهد ورزید.

در این راستا انتشارات جهاددانشگاهی با این باور که داشتن استقلال اقتصادی و عقیدتی، مستلزم دارا بودن قدرت بالای علمی و آشنایی با تکنولوژی مدرن، البته در کنار ایمان و اعتقاد به آرمانها است؛ سعی می‌نماید با آماده‌سازی و انتشار متون متنوع و مختلف علمی به هر دو زبان فارسی و لاتین که از سطح مطلوبی برخوردار باشند، به وظیفه انسانی و اعتقادی خویش جامهٔ عمل بپوشاند. و امیدوار است که توانسته باشد کمکی هر چند ناچیز به علاقه‌مندان و دلسوزان میهن اسلامی و پویندگان راه علم انجام دهد.

با این باور و اعتقاد از همهٔ عزیزان دانش‌پژوه جهت ارائه نظرات و پیشنهادات برای هر چه بهتر شدن سطح امور انتشارات این جهاد، یاری می‌طلبیم.

در انتها این کتاب را به روان پاک شهدای دانشگاهی بویژه شهدای دانشگاه صنعتی امیرکبیر تقدیم می‌نماییم. امید است کلیهٔ دانشگاهیان استوار و ثابت‌قدم پویندهٔ راه شهیدان در محیط مقدس دانشگاه باشند.

والسلام علی من اتبع الهدی

انتشارات جهاددانشگاهی صنعتی امیرکبیر

مقدمه مترجم

کتاب راهنمای علوم فنی (رشتهٔ مهندسی مکانیک) که از زبان آلمانی به فارسی ترجمه شده است در درجهٔ اول یک واژه‌نامهٔ مقدماتی فنی و مصوری می‌باشد که دانشجو را با اصطلاحات مختلف فنی آشنا می‌سازد که در ستون جداگانه‌ای در حاشیهٔ کتاب قرار دارد. مباحث کتاب که موضوعات تخصصی مشخصی را بیان می‌کند و بیشتر جنبهٔ عملی و کاربردی دارد، با بیانی ساده نشان می‌دهد که دانشجو چگونه می‌تواند متن‌های تخصصی را به‌طور محض بخواند و سپس با پوشاندن ستون جداگانه‌ای که در حاشیهٔ کتاب قرار دارد توسط تکه‌ای کاغذ، در جاهای خالی متن، اصطلاحات مناسب فنی را قرار دهد و بدین ترتیب کتاب راهنمای علوم فنی همچنین می‌تواند به عنوان یک کتاب تمرین نیز مورد استفاده دانشجو قرار گیرد.

کتابی که اینک تحت عنوان راهنمای علوم فنی (رشتهٔ مهندسی مکانیک) در اختیار دانشجویان عزیز قرار می‌گیرد، در واقع بخشی از یک مجموعهٔ سه جلدی راهنمای علوم فنی محسوب می‌شود به‌طوری که جلد دیگر کتاب راهنمای علوم فنی مربوط به رشته‌های الکترونیک، برق و کامپیوتر در سال ۸۰ به چاپ رسیده است و جلد سوم آن نیز در زمینهٔ رشته‌های راه و ساختمان و معماری در دست چاپ می‌باشد.

کیجا پرویز

بهار ۸۱

به نام خداوند جان و خرد

از آنجائی که بکارگیری علم مکانیک در زندگی روزمره انسانها غیر قابل انکار است و از طرفی نیز این علم سرآغاز بسیاری از علوم مهندسی مورد استفاده در جوامع صنعتی قرار می‌گیرد آشنائی با این علم ضروری و با اهمیت برای متخصصین می‌باشد ۰ کتاب حاضر شامل مسائل و موضوعاتی است که در برگیرنده مفاهیم بنیادی علم مکانیک و اجزاء ماشین می‌باشد ۰

یک ماشین عبارت از مجموعه‌ای از قطعات ثابت و متحرک است که برای تبدیل انرژی به منظور انجام دادن پاره‌ای از کارها که سبب تقلیل نیروی انسانی می‌شود مورد استفاده قرار می‌گیرد ۰ مطالعه تبدیل انرژی وکار ماشین‌ها در حقیقت همان موضوع " مکانیک عملی " است ۰

با وجود این اگر کار مجموعه این ماشین در محدوده مکانیک عملی نمایان می‌شود برای ماشینهای مختلف اجزاء یا مجموعه اجزای مشترک و مستقل از خود ماشین وجود دارند که می‌توانند بطور جداگانه مورد بررسی قرار گیرند ۰

مطالعه جزء به جزء این اجزاء در کتاب راهنمای علوم فنی رشته مکانیک که توسط سرکار خانم کیجا پرویز ترجمه شده است ، تدوین گردیده و بررسی هر جزء نیز از جنبه‌های محاسبه و جزئیات تکنولوژیکی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است ۰ این کتاب با یک اندیشه آموزشی نگارش یافته لذا برای تدریس در دانشکده‌های فنی و دانشگاهها توصیه می‌شود ۰

دکتر علی محمد برقعی

استاد دانشگاه تهران

۷۷/۵/۱۰

فهرست

عنوان | صفحه

فصل اول: انواع اجزاء و اتصالات ۱

اتصالات دائم ۲

درزکند ۸

لحیم‌کاری ۱۴

پرچکاری گرم و پرچکار سرد ۲۶

خاصیت اِلاستیکی فنرها ۴۶

منحنی مشخصهٔ خطی ۴۷

اتصالات لحیم‌کاری ۵۴

روانسازها ۵۶

اتصالات موقت (پیچ‌ها و دندانه‌ها) ۵۷

فنرهای لاستیکی ۶۰

فصل دوم: اجزاء ماشین ۶۳

اکسل‌ها ۶۸

یاتاقان ۸۳

کلاچ ۹۹

انواع یاتاقان‌ها ۱۰۱

کلاچ تک صفحه‌ای خشک ۱۰۳

یاتاقان لغزشی (روغنکاری و اصطکاک در یاتاقان‌های لغزشی) ۱۰۵

عملکرد اصطکاکی سطوح لغزشی ۱۰۵

یاتاقان‌های لغزشی ۱۰۷

کلاچ‌ها ۱۱۰

کلاچ‌های متغیری که قابلیت اِلاستیکی ندارند ۱۱۰

کلاچ‌های مقطع و وصل‌شونده ۱۱۱

فصل سوم: چرخ‌تسمه‌ها، چرخ زنجیرها و چرخ‌دنده‌ها ۱۱۳

چرخ مواد تسمه‌ها ۱۱۴

چرخ زنجیر ۱۲۹

چرخ دنده ۱۳۸

فهرست

عنوان | صفحه

قانون دنده‌ها ۱۵۴
چرخ دنده‌ها........ ۱۷۳
دنده‌های چرخ‌دنده‌ها ۱۷۴
چرخ تسمه‌ها........ ۱۷۶
چرخ‌دنده‌ها ۱۷۷
چرخ‌دنده‌های از جنس مواد مصنوعی........ ۱۷۸

فصل چهارم: کمپرسورها و موتورهای پیستونی........ ۱۷۹

قوانین مربوط به گازها ۱۸۰
کمپرسورهای پیستونی ۱۹۴
عملکرد سوپاپ‌ها ۲۱۶
تپت........ ۲۱۷
پیستون ۲۲۶
پمپ پیستونی........ ۲۲۹
پمپ پیستونی یک کاره ۲۳۰
پمپ پیستونی دوکاره........ ۲۳۱
موتور پیستونی دوّار و موتور پیستون بالا و پایین رونده........ ۲۳۲
راندمان حرارتی ۲۳۵

فصل پنجم: ماشین‌های جریان........ ۲۳۷

دیفوزر........ ۲۵۰
نازل........ ۲۵۰
توربین پلتون (چرخ پلتون)........ ۲۷۰
توربین Curtis........ ۲۸۵
توربین‌های ضربه‌ای - عکس‌العملی Curtis........ ۲۸۵
توربین‌های عکس‌العملی ۲۸۷
توربین‌های بخار ۲۹۰
توربین‌های آبی ۲۹۲
مراجع ۲۹۳

فصل اول

انواع اجزاء و اتصالات

«اتصالات دائم»

آنچه که از مفهوم «جوش اتصالی» در ذهن شنونده نقش می‌بندد در واقع جوش دادن دو یا چند قطعه به صورت یک قطعهٔ کامل می‌باشد به‌طوری‌که قطعات از یکدیگر قابل جدا شدن نباشند که البته چنین قطعهٔ کاملی را «قطعه‌کار» نیز می‌نامند اما جوشکاری به‌طور کلی بر اساس نوع مادهٔ اولیه به دو دستهٔ «جوشکاری فلزی» و «جوشکاری پلاستیک» تقسیم می‌شود.

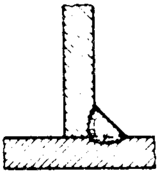
«جوشکاری فلزی» اتصال مواد فلزی با استفاده از اعمال گرما یا فشار یا اعمال هر دو عامل می‌باشد که این عمل با اضافه‌کردن یا بدون اضافه‌کردن ماده‌ای از همان نوع که آن را «مادهٔ اضافی» یا «سیم‌جوش» نیز می‌نامند، انجام می‌شود که در این حالت ناحیهٔ نقطهٔ ذوب مادهٔ اضافی می‌تواند با قطعهٔ کار برابر یا تقریباً برابر باشد.

از نظر نوع فرآیند جوشکاری می‌توان انواع جوشکاری را به‌صورت «جوشکاری ذوبی»، «جوشکاری فشاری» و «جوشکاری فشاری سرد» از یکدیگر متمایز کرد.

«جوشکاری پلاستیک» اتصال مواد ترموپلاستیک termoplastik هم‌جنس یا غیر هم‌جنس با استفاده از اعمال حرارت و گرما می‌باشد که این عمل با مصرف یا بدون مصرف «مادهٔ اضافی» که از همان جنس قطعهٔ کار می‌باشد، انجام می‌گردد. این مواد ترموپلاستیک که آنها را «ترموست» یا «پلاستیک حرارتی» نیز می‌نامند، در اثر اعمال گرما دوباره قابلیت نرم‌شدن و قالب‌گیری دارند.

جوشکاری سطوح تماس قطعاتی که به‌هم جوش داده می‌شوند در ناحیهٔ نقطهٔ ذوب پلاستیک حرارتی انجام می‌شود و در این حالت در ناحیهٔ لبه‌های اتصال، زنجیره‌های مولکولی در حالی که به‌طور آزادانه حرکت می‌کنند به داخل یکدیگر لبریز می‌شوند.

مطابق شکل بالا قطعات کار B, A که از جنس فولاد هستند، به یکدیگر اتصال داده شده‌اند که این جوش اتصالی توسط عمل جوش‌کاری به‌وجود آمده است.



جوشکاری

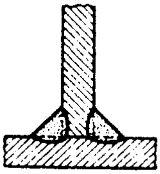
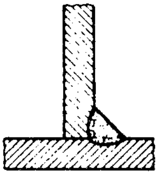
توسط عمل   می‌توان دو یا چند قطعهٔ کار را به‌یکدیگر متصل کرد که این اتصال می‌تواند با استفاده از اعمال گرما یا فشار و یا هر دو عوامل انجام شود.

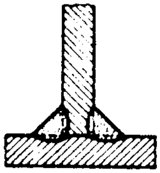
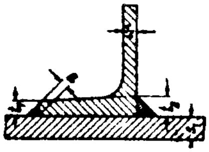
گرما ـ فشار

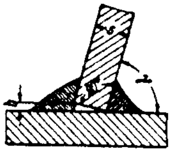
بنابراین «جوشکاری» به‌معنای اتصال قطعات کار با استفاده از اعمال   یا   و یا هر دو عوامل می‌باشد که‌بدین منظور قطعات کار در محل اتصال در حالت پلاستیکی یا سیلان قرار می‌گیرند.

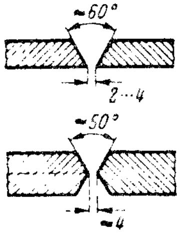
در عمل جوشکاری می‌توان از مادهٔ اضافی نیز استفاده شود که این مادهٔ اضافی باید از جنس همان مادهٔ قطعهٔ جوشکاری شده باشد و به عبارتی دیگر مادهٔ اضافی هم جنس مادهٔ قطعهٔ کار باشد.

بنابراین جوشکاری در واقع همان اتصال دو قطعهٔ کار با استفاده از اعمال گرما یا فشار و یا هر دو عوامل به کمک «مادهٔ

اضافی» یا بدون به‌کار بردن مادهٔ اضافی می‌باشد.	
 در اینجا هر دو قطعات کار از طریق عمل با استفاده از یک مادهٔ اضافی هم‌جنس قطعات مذکور به یکدیگر متصل شده‌اند. بنابراین هر دو قطعات کار به‌صورت کی «قطعهٔ جوش» به یکدیگر متصل شده و دارای فرم «درز جوش» می‌باشند.	جوشکاری
 شکل بالا تصویر یک را نشان می‌دهد که از دو قطعهٔ کار تشکیل شده است به‌طوری‌که این قطعات توسط درزجوش‌هایی به یکدیگر متصل شده‌اند. در جوشکاری هر دو قطعات کار، مادهٔ اضافی (سیم جوش) به‌کار رفته از جنس همان قطعات می‌باشد.	قطعهٔ جوش
 در این شکل تصویر یک نشان داده می‌شود که از	قطعه جوش

دو قطعه کار تشکیل شده است به‌طوری‌که قطعات توسط یک به یکدیگر متصل شده‌اند. در هنگام جوشکاری هر دو قطعات کار از یک مادهٔ اضافی (سیم‌جوش) هم جنس قطعات استفاده شده است. در اینجا هر دو قطعات کار به فرم T به یکدیگر متصل شده‌اند به‌طوری‌که این فرم درزجوش که از نوع «درزگلوئی یک‌طرفه» است دارای فرم اتصال سپری T می‌باشد.	درزجوش
 در شکل بالاکه تصویر یک قطعه جوش را نشان می‌دهد، هر دو قطعات کار توسط دو به یکدیگر متصل شده‌اند که آنها ار جوش مغزی نیز می‌نامند. همچنین در اینجا قطعات کار به فرم T به یکدیگر متصل شده‌اند به‌طوری‌که این نوع فرم درزجوش که از نوع درزگلوئی دوبل است دارای فرم اتصال T می‌باشد.	درزجوش سپری
 در شکل بالا تصویر یک قطعهٔ جوش را نشان می‌دهد که از دو قطعهٔ کار تشکیل شده است به‌طوری‌که قطعات توسط به یکدیگر متصل شده‌اند و قطعات کار نسبت به‌هم به‌طور	جوش‌های مغزی

موازی روی‌هم قرار گرفته‌اند.	
 در اینجا تصویر یک نشان داده می‌شود که از دو قطعهٔ کار تشکیل شده است به‌طوری‌که قطعات توسط به‌یکدیگر متصل شده‌اند. آیا در این حالت طرز قرار گرفتن هر دو قطعات کار نسبت به‌هم به‌طور موازی می‌باشد؟ بله یا خیر؟ در اینجا هر دو قطعات کار نسبت به‌هم به‌طور موازی روی‌هم قرار نگرفته‌اند و طرز قرار گرفتن آنها نسبت به‌هم به‌طور مایل است.	قطعه‌جوش جوش‌های مغزی خیر
 این شکل یک را نشان می‌دهد. در این جوشکاری هر دو قطعات کار با استفاده از مادهٔ اضافی (سیم جوش) هم جنس‌شان به یکدیگر جوش خورده‌اند به‌طوری‌که مادهٔ اضافی مذکور شیار بین هر دو قطعات کار را پر کرده است.	قطعهٔ جوش

فرم درز	از آنجائی‌که شکل بالا دو قطعهٔ کار را نشان می‌دهد که باید به‌هم جوش خورده شوند، بدین منظور باید از یک مادهٔ اضافی (سیم‌جوش) هم‌جنس قطعات استفاده گردد که شیار بین هر دو قطعات را پر کند. همان‌طور که در تصویر نیز مشاهده می‌شود، در این قطعهٔ جوش زاویهٔ ۶۰° می‌باشد.
درزجوش	 در اینجا فرم‌های مختلف نشان داده می‌شود.

«درزکند»

در مورد درزجوش از نوع درزکند، قطعات آماده شده کار طوری به‌هم جوش می‌خورند که درزجوش آنها دارای زاویه می‌شود به عبارتی شیار درز جوش مربوط به قطعات کار در یک سطح هموار نسبت به هم یک اتصال زاویه داری را تشکیل می‌دهند.

در صورتی که آرایش یا طرز قرار گرفتن قطعات کار نسبت به‌هم درست باشد، استفاده از درزجوش از نوع کند نسبت به درزجوش مغزی از مزیت بیشتری برخوردار است و حتی اگر میزان ضخامت درزکند با درزجوش مغزی یکسان باشد باز هم اگر از نظر میزان استحکام محل اتصال و به‌خصوص از نظر بار دینامیکی در نظر بگیریم می‌بینیم که استفاه از درزجوش کند نسبت به درزجوش مغزی مزیت بیشتری دارد و حتی به‌طور مثال درزجوش کند را بهتر از درزجوش مغزی می‌توان با اشعه ایکس یا امواج مافوق صوت آزمایش کرد.

فرم درزها اصولاً براساس میزان ضخامت قطعات کار که به هم جوش می‌خورند، تعین می‌گردد که در اینجا چند فرم درزجوش نشان داده می‌شود.

انواع فرم‌های درزجوش و آماده‌سازی آنها

a) درزجوش لب برگشته

b) درزجوش روبرو که دارای فرم درز I است

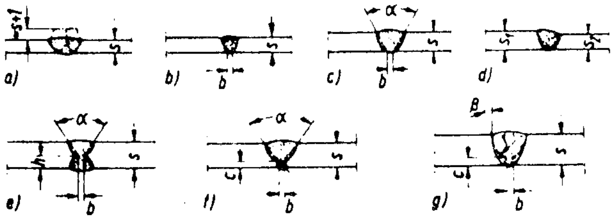
c) درز جوشهای جناغی که دارای فرم درز V هستند.

e) درز جوش صلیبی که دارای فرم درز x است.

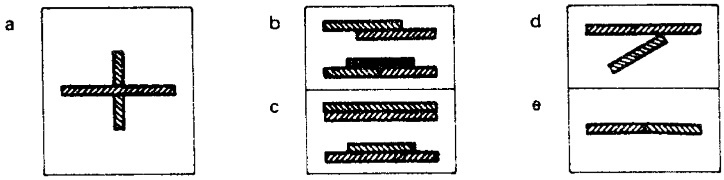
f) درزجوش جناغی دم‌دار که دارای فرم درز Y است.

g) درزجوش لاله‌ای که دارای فرم درز u است.

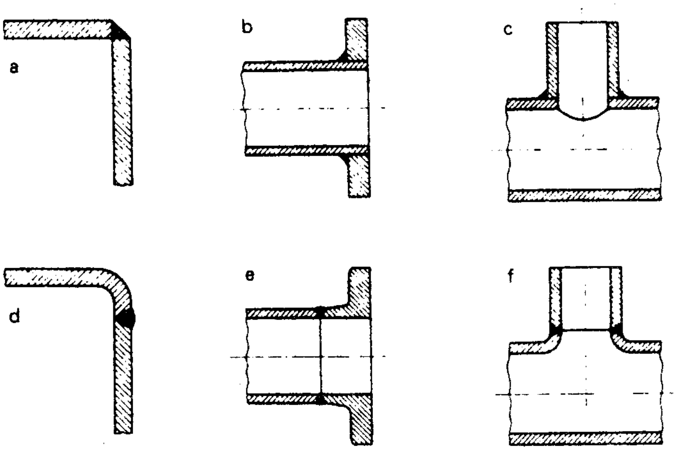
I



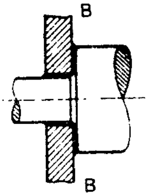
II



III

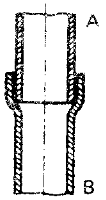
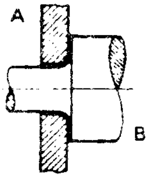


۱. کدامیک از تصاویر مربوط به شکل II یک درزکند را نشان می‌دهد؟ تصویر	e
۲. قطعات کار مربوط به شکل III با چه نوع درزجوشهایی به هم جوش خورده‌اند؟ تصاویر a و b و c با درزجوش و تصاویر f و e و d با درزجوش	مغزی - کند
۳. قطعات کار مربوط به شکل III طوری جوش خورده‌اند که تصاویر a با b، b با e، c با f عملاً فرم مشابهی دارند. استفاده از کدام نوع از درزجوشهائی که در اینجا به هم شبیه هستند، مناسب‌تر است؟	درزجوش‌های کند
۴. کدام خصوصیات قطعات جوش در انتخاب نوع درزجوش تأثیر دارد؟ قطعه‌جوش و اینکه با اشعهٔ ایکس یا امواج مافوق صوت قابلیت بهتری برای آزمایش داشته باشد.	استحکام
۵. انتخاب نوع فرم درزجوش کند به چه عاملی بستگی دارد؟ به قطعات کار	ضخامت



در شکل بالا که قطعات کار A و B به یکدیگر متصل شده‌اند، به‌منظور اتصال قطعات کار که به روش لحیم‌کاری انجام می‌شود، استفاده از یک مادهٔ اضافی به‌نام «لحیم» مورد لزوم می‌باشد.

در هنگام لحیم‌کاری درجه حرارت نقطهٔ ذوب لحیم باید

پایین‌تر از درجهٔ حرارت نقطهٔ ذوب قطعات کار باشد.	
 قطعهٔ کار A که از جنس مس و قطعهٔ کار B که از جنس فولاد است، توسط عمل ...... به یکدیگر متصل شده‌اند. به‌منظور ...... هر دو قطعات کار، به‌کار بردن یک مادهٔ اضافی مورد لزوم می‌باشد که باید درجهٔ حرارت نقطهٔ ذوب آن از درجه حرارت نقطهٔ ذوب مس و فولاد ...... باشد. این مادهٔ اضافی که «لحیم» نامیده می‌شود، یک مادهٔ فلزی است که قطعات کار فلزی را به یکدیگر متصل می‌کند. بنابراین از آنجائی که در عمل لحیم‌کاری فقط قطعات کار را حرارت می‌دهیم و لحیم را حرارت نمی‌دهند در این صورت درجه حرارت نقطهٔ ذوب لحیم باید از درجه حرارت نقطه ذوب قطعات کار ...... باشد.	لحیم‌کاری لحیم‌کاری پایین‌تر پایین‌تر
 در اینجا قطعهٔ کار A را که از جنس مس و قطعهٔ کار B که از جنس فولاد است در اثر ذوب «لحیم» به یکدیگر متصل می‌شوند که این لحیم می‌تواند از جنس آلیاژ سرب، آلیاژ قلع، آلیاژ کادمیوم یا آلیاژ روی ساخته شود.	

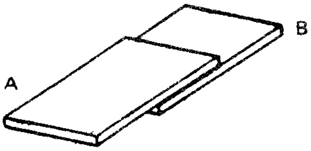
بنابراین از آلیاژ سرب می‌توان در هنگام قطعات مس و فولاد به عنوان استفاده کرد و همچنین در هنگام آلیاژهای قلع، کادمیوم و روی نیز به عنوان یک مورد مصرف قرار می‌گیرند.	لحیم‌کاری لحیم لحیم‌کاری ـ لحیم
نقطهٔ ذوب لحیم‌های آلیاژ سرب، آلیاژ قلع، آلیاژ کادمیوم و آلیاژ روی باید پایین‌تر از ۴۵۰°C قرار داشته باشد که در این صورت لحیمی که با آن در درجه حرارت پائین‌تر از ۴۵۰°C لحیم‌کاری می‌شود یعنی نقطهٔ ذوب آن پایین‌تر از ۴۵۰°C است، «لحیم‌نرم» نامیده می‌شود و عمل لحیم‌کاری را در درجه حرارت کمتر از ۴۵۰°C نیز «لحیم‌کاری نرم» می‌نامند.	
بنابراین لحیم‌کاری با آلیاژ سرب یک نامیده می‌شود که به همین علت آلیاژ سرب را می‌نامند. همچنین آلیاژ کادمیوم نیز یک نامیده می‌شود زیرا با کادمیوم می‌توان در درجهٔ حرارت زیر ۴۵۰°C لحیم‌کاری کرد.	لحیم‌کاری نرم لحیم‌نرم لحیم‌نرم
حال اگر آلیاژی دارای بیشتر از ۹۹/۹ درصد مس و ۰/۰۲ تا ۰/۰۵ درصد فسفر باشد می‌تواند در درجه حرارت ۱۱۰۰°C به عنوان لحیم مورد استفاه قرار بگیرد. آیا چنین آلیاژی را یک لحیم نرم می‌نامند؟ بله یا خیر؟ این لحیم یک لحیم نرم نامیده نمی‌شود زیرا لحیم‌های نرم، لحیم‌هایی هستند که در درجه حرارت زیر ۴۵۰°C به‌کار می‌روند. لحیم‌هایی هستند که با آنها فقط رد درجه حرارتهای بالای ۴۵۰°C لحیم‌کاری می‌شود، لحیم‌های سخت نامیده می‌شوند.	خیر

بنابراین به لحیمی که دارای بیشتر از ۹۹/۹ درصد مس و ۰/۰۲ تا ۰/۰۵ درصد فسفر باشد، یک .... گفته می‌شود.	لحیم سخت
به‌منظور لحیم‌کاری فولاد مقاوم در مقابل زنگ‌زدگی (فولاد زنگ‌نزن) لحیمی مصرف می‌شود که از ۴۶ درصد نقره، ۱۹ درصد مس و ۲۲ درصد کادمیوم و قلع تشکیل شده باشد. این لحیم که می‌تواند در درجه حرارت ۶۲۰°C مورد مصرف قرار بگیرد یک لحیم سخت است و به آن لحیم نقره گفته می‌شود. بنابراین برای لحیم‌کاری فولاد زنگ‌نزن و مس از .... استفاده می‌شود که از جنس نقره، مس، کادمیوم و قلع ساخته شده است و برای .... در درجه حرارت ۶۲۰°C به کار می‌رود که این درجه‌حرارت را «درجه‌حرارت کار» می‌نامند.	لحیم سخت لحیم‌کاری سخت
بنابراین لحیم‌های سخت، لحیم‌هایی هستند که در .... بیشتر از ۴۵۰°C مورد مصرف قرار می‌گیرند و لحیم‌هایی را که در .... کمتر از ۴۵۰°C به‌کار می‌روند، لحیم‌های نرم می‌نامند.	درجه حرارت کار درجه حرارت کار

«لحیم‌کاری»

لحیم‌کاری روشی برای اتصال مواد فلزی می‌باشد که به کمک یک مادهٔ اضافی فلزی قابل ذوب به‌نام لحیم انجام می‌شود. البته در شرایطی که درجه حرارت نقطهٔ ذوب لحیم کمتر از هر کدام از قطعات فلز باشد زیرا قطعات کار نباید ذوب شوند. برخلاف عمل جوشکاری، روش لحیم‌کاری می‌تواند اتصال فلزات مختلف غیرهم‌جنس را نیز ممکن سازد.

آنچه که نخست در لحیم‌کاری باید به آن توجه شود، «درجه حرارت کار» است. به‌طوری‌که در لحیم‌های نرم باید درجه حرارت کار پایین‌تر از $450^{\circ}C$ و در لحیم‌کاری سخت بالاتر از $450^{\circ}C$ باشد. سپس در لحیم‌کاری باید به فرم محل لحیم‌کاری توجه کرد بدین ترتیب که در هنگام لحیم کاری فاصلهٔ بین دو قطعه کار که در حالت موازی قرار گرفته‌اند و لحیم ذوب شده در آن مکیده شده و جاری می‌شود، کمتر از $0/5mm$ باشد و در لحیم‌کاری قطعاتی که دارای شیار هستند بیشتر از $0/5mm$ باشد که به طور مثال از آن جمله فرم شیار درز جوش از نوع جناغی که دارای فرم درز V می‌باشد و یا فرم شیار درز جوش صلیبی که دارای فرم درز X است، را می‌توان نام برد. اما از نظر مصرف «مادهٔ اضافی» یا همان مادهٔ لحیم در لحیم‌کاری می‌توان گفت ترجیحاً در لحیم‌کاری نرم، آلیاژهایی مانند سرب و قلع که دارای آنتیموآن هستند و نقطهٔ ذوب پایینی دارند، مورد مصرف قرار می‌گیرد و همچنین در لحیم‌کاری سخت از لحیم‌های نقره و مس و برنج و در لحیم‌کاری سخت فلزات سبک نیز از لحیم‌های آلومینیوم، سیلیسیوم، قلع و کادمیوم استفاده می‌شود.



هر دو قطعات کار A و B که از جنس شیشه ساخته شده‌اند باید به یکدیگر متصل شوند که این عمل را می‌توان از طریق «چسباندن» انجام داد.

«چسباندن» روشی است که به‌منظور اتصال مواد فلزی یا غیرفلزی به یکدیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

به‌طور مثال چوب و مادهٔ مصنوعی را می‌توان به‌هم چسبانید. همچنین فلزات را نیز می‌توانیم به یکدیگر بچسبانیم.

ماده‌ای که بتواند به‌طور مثال دو فلز را از طریق چسباندن به‌هم متصل کند، «مادهٔ چسب» یا «چسب» نامیده می‌شود.

مادهٔ چسب، ماده‌ای است که از مولکولهای بزرگی که آنها را ماکرومولکول می‌نامند، تشکیل شده است و می‌توانند   و یا   را روی یکدیگر و یا به یکدیگر متصل کند به طوری که ترکیب موادی که به هم چسبانده می‌شوند، تغییر نمی‌کند.

فلزات ـ غیرفلزات

موادی که از مولکولهای بزرگی (ماکرومولکولها) تشکیل می‌شوند و می‌توانند فلزات و غیرفلزات را روی یکدیگر یا به یکدیگر متصل کنند،   نامیده می‌شود.

به‌طور معمول چسب‌ها به‌صورت مایع یا چسبناک هستند که

چسب

اگر آنها را روی قطعه‌ای که باید به قطعهٔ دیگر چسبیده شود بمالیم در آن صورت پس از مدت معینی مادهٔ مذکور سفت و محکم شده و در نتیجه قطعات به هم چسبیده می‌شوند. از آنجائی که این ماده بعداز سخت شدن دیگر دوباره قابلیت نرم شدن ندارد، این عمل را «عمل سخت کردن» می‌نامند.	
بنابراین فرآیند سخت شدن و چسبیدن به علت استفاده از مادهٔ چسب را می‌نامند. بعضی از چسب‌ها به علت تبخیر مادهٔ حلال و بعضی دیگر فقط با استفاده از اعمال حرارت و فشار سخت می‌شوند.	عمل سخت کردن

از جمله مواد مصنوعی که می‌توانند قطعات فلزی را به‌هم بچسبانند، چسب‌هایی هستند که برای سخت کردن آنها از روش حرارت دادن یا روش‌های چسباندن سرد و گرم استفاده می‌شود و از صمغ‌های مصنوعی به‌دست می‌آیند. مادهٔ چسب می‌تواند یا به علت فعل و انفعالات شیمیائی و یا به دلیل یک فرآیند فیزیکی سخت شود.

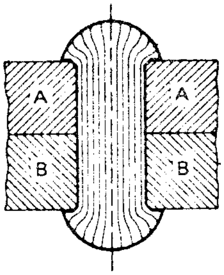
مواد مصنوعی که به روش مصنوعی به‌دست می‌آیند می‌توانند به علت فرآیندهای **پلی کندنزاسیون، پلی مریزاسیون و پلی آدیسیون** تولید شوند.

a) مواد صمغ مصنوعی که بر اثر فرآیند **پلی کندنزاسیون** یا به عبارتی نوعی پلی مریزاسیون که آن را پلی مریزاسیون تراکمی Condensation Polymerization می‌نامند، به‌دست می‌آیند می‌توانند بدون اعمال حرارت نیز سخت شوند یا اینکه پس از به هم وصل کردن قطعات در حالی که واکنش شیمیائی فرآیند پلی کندنزاسیون جریان دارد، آنها تحت تاثیر حرارت و فشار قرار می‌گیرند و در مدت کوتاهی سخت می‌شوند. از آنجائی که با استفاده از این روش ماکرومولکولها به حدی محکم به هم پیوند می‌خورند که بسیار محکم می‌شوند به همین علت این مواد صمغ مصنوعی پس از سخت شدن دیگر دوباره قابلیت نرم شدن ندارند.

b) مواد مصنوعی که به روش **پلی مریزاسیون** Polymerization به‌دست می‌آیند به علت تبخیر مادهٔ حلال سخت می‌شوند و اعمال حرارت و به کار بردن کمی فشار در سرعت و بهبود کار تاثیر دارد. در مورد مواد فلزی به علت آنکه تخلخل در ساختمان آنها وجود ندارد باید به خوب تبخیر شدن مادهٔ حلال قبل از به هم وصل کردن قطعات توجه شود یعنی در صورتی که سطوح دیگر چسبندگی نداشته باشند در آن صورت به هم متصل شوند.

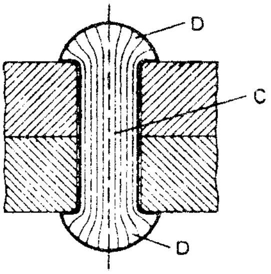
c) مواد مصنوعی که به روش **پلی ادیسیون** یا به عبارتی نوعی پلی مریزاسیون که آن را پلی مریزاسیون افزایشی Addition Polymerization می‌نامند، به دست می‌آید بدون آنکه محصول فرعی (محصول جانبی) از آن جدا شود به علت یک واکنش افزایشی سخت می‌شود. مثلاً دو روپلاست‌ها که در اثر اعمال حرارت نرم می‌شوند و خاصیت پلاستیکی پیدا کرده و پس از مدت کوتاهی دوباره سخت می‌شوند.

همچنین از جمله مواد مصنوعی که قابلیت سخت شوندگی دارند، صمغ چسبی را می‌توان نام برد که به صورت پودر می‌باشد و در صورت بالا بودن درجه حرارت به‌صورت مایع در می‌آید و بعد از مدت طولانی سخت می‌شود. این مواد مصنوعی بدون اعمال فشار نیز قابلیت سخت شدن دارند.



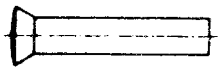
قطعات کار A و B توسط یک میخ پرچ به یکدیگر متصل شده‌اند که اصطلاحاً این عمل را «پرچکاری» می‌نامند.

عمل پرچکاری روشی است که به منظور اتصال قطعات کار متجانس یا قطعات کار غیر متجانس به‌کار برده می‌شود.



در اینجا هر دو قطعات کار ...... شده‌اند. به عبارتی که آنها توسط یک ...... به‌یکدیگر متصل شده‌اند که این میخ پرچ از یک بدنه (C) و دو سر میخ‌پرچ (D) تشکیل شده است.

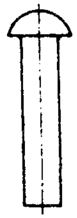
پرچ -
میخ‌پرچ



در شکل بالا تصویر یک ...... نشان داده می‌شود که از یک قسمت ...... و یک قسمت ...... تشکیل شده است و دارای

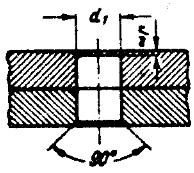
میخ‌پرچ -
بدنه ـ سر

سرخزینه‌ای است که به‌همین علت این نوع میخ‌پرچ را «میخ پرچ سرخزینه‌ای» می‌نامند.

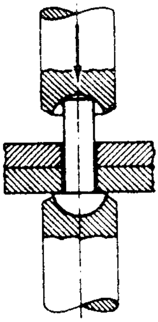


همچنین این شکل نیز تصویر یک میخ پرچ را نشان می‌دهد که دارای سر نیمگرد می‌باشد. این نوع میخ پرچ را «میخ پرچ » می‌نامند.

سر نیمگرد

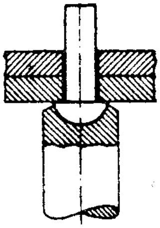


اگر قرار باشد دو قطعهٔ فلز به یکدیگر پرچ شوند، در آن صورت باید در ابتدا در محل قطعات اتصال یک سوراخ پرچ ایجاد شود.



سپس   را در   داخل کنیم.

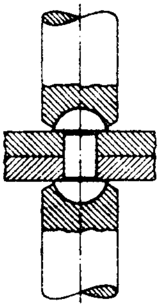
میخ‌پرچ - سوراخ‌پرچ



در اینجا یک میخ‌پرچ فولادی که دارای قطر بدنهٔ بیشتر از ۱۰mm است، در   داخل شده است.

این میخ پرچ فولادی بیشتر از ۱۰۰۰°C گرم شده است.

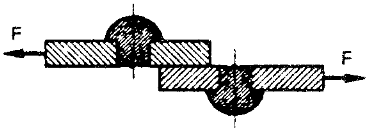
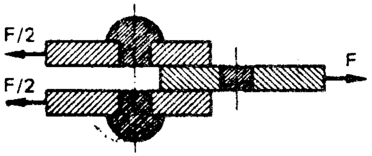
سوراخ پرچ

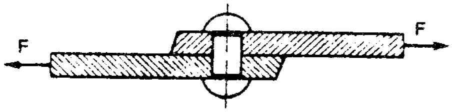
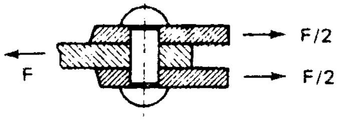


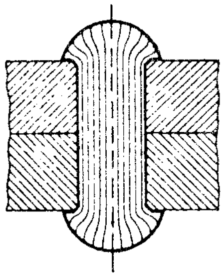
اکنون میخ پرچ توسط ماشین پرچکاری با فشار متعادلی پرچ می‌شود به‌طوری که در قسمت آزاد بدنهٔ میخ پرچ،   ساخته می‌شود به عبارتی بدنهٔ میخ پرچ تغییر فرم پیدا کرده و

سرمیخ پرچ

کوتاهتر و ضخیمتر می‌گردد به‌طوری که سرقفل کنندهٔ میخ پرچ تشکیل می‌گردد.	
میخ پرچ‌های فولادی که دارای قطر بدنهٔ بیشتر از ۱۰mm هستند باید در حالت گرم پرچکاری شوند بدین ترتیب که در ابتدا آنها باید در درجه حرارت تقریباً ۱۰۰۰°c گرم شوند و سپس شوند که البته در هنگام پرچکاری بدنه پرچکاری بدنهٔ میخ پرچ نیز تغییر فرم پیدا می‌کند و کوتاهتر و ضخیمتر می‌شود.	پرچکاری
بنابراین اگر میخ پرچ‌های فولادی در درجه حرارت ۱۰۰۰°c پرچ شوند، این عمل را «پرچکاری گرم» می‌نامند. روشی به‌منظور اتصال قطعات کار می‌باشد که در این حالت به‌طور مثال میخ پرچهای فولادی دارای قطر بیشتر از ۱۰mm پس از گرم شدن در درجه حرارت ۱۰۰۰°c پرچ می‌شوند.	پرچکاری گرم
اما برخلاف پرچ‌های فولادی که دارای قطر بیشتر از ۱۰mm هستند، آن دسته از پرچ‌های فولادی که دارای قطر کمتر از ۱۰mm هستند در حالت سرد پرچ می‌شوند. همچنین میخ پرچهای غیر فلزی نیز به‌صورت سرد پرچ می‌شوند بدین ترتیب که در هنگام پرچکاری در قسمت آزاد بدنهٔ میخ پرچ، سر میخ پرچ ساخته می‌شود یعنی بدنهٔ میخ پرچ تغییر فرم پیدا می‌کند و کوتاهتر و ضخیمتر می‌شود به طوری که سر قفل کنندهٔ میخ پرچ تشکیل می‌گردد. بنابراین اگر میخ پرچ به‌طور سرد و بدون آنکه آن را قبلاً گرم کنند، پرچ شود، این عمل «پرچکاری سرد» نامیده می‌شود.	

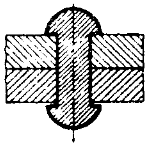
روشی به‌منظور اتصال قطعات می‌باشد که در این‌حالت میخ پرچ بدون آنکه قبلاً گرم شود، پرچ می‌شود.	پرچکاری سرد
 همان‌طور که در این شکل نشان داده می‌شود، بدنهٔ میخ پرچ توسط یک برش از هم جدا شده است که به همین علت یک چنین اتصال پرچی را که یک اتصال پرچی یک برشی است، «اتصال روی هم یک برشی» می‌نامند.	
 آیا در شکل بالا تصویر یک اتصال پرچی یک برشی نشان داده می‌شود؟ بله یا خیر؟ زیرا در این اتصال پرچی .... توسط دو برش از یکدیگر جدا شده است که‌در این‌صورت چنین .... را «اتصال روی هم دو برشی» می‌نامند. بنابراین بر حسب تعداد برشها در میخ پرچ، اتصالات پرچی به انواع اتصال روی هم یک برشی، دو برشی و چند برشی تقسیم می‌شوند.	خیر بدنهٔ میخ‌پرچ اتصال دو برشی

 در این شکل تصویر یک را نشان می‌دهد. در این حالت در اثر وارد شدن نیروی F در سطح مقطع میخ‌پرچ فقط یک برش عرضی برداشته است. از آنجائی که به علت تاثیر نیرو به واحد سطح جسم که «تنش» نامیده می‌شود، امکان شکستن میخ پرچ به وجود می‌آید بنابراین تعداد تنش برشی در سطح مقطع هر میخ پرچ، تعداد مقاطع برشی را مشخص می‌سازد.	اتصال روی‌هم یک برشی
 در شکل بالا تصویر یک نشان داده می‌شود. در این حالت نیرویی که بر قطعات اتصال وارد می‌شود باعث ایجاد دو مقطع برشی در میخ پرچ می‌شود. تعداد تنش برشی در سطح مقطع میخ پرچ، تعداد مقاطع برشی میخ پرچ را مشخص می‌سازد. نیروی Fکه بر میخ پرچ اثر می‌کند، در داخل میخ پرچ باعث ایجاد تنش قیچی می‌شود که به‌طور عمود بر محور بدنهٔ میخ پرچ تاثیر می‌گذارد. این تنش قیچی را که باعث بریدن میخ پرچ می‌شود، «تنش برشی» نیز می‌نامند.	اتصال روی‌هم دو برشی



این میخ پرچ که در حالت گرم پرچکاری شده است، هر دو قطعات کار را محکم به‌هم متصل کرده زیرا میخ پرچ در صورت سردشدن بیشتر در امتداد طولی منقبض می‌شود که در نتیجه در داخل میخ پرچ یک تنش کششی تقریباً شدیدی به وجود می‌آید.

میخ پرچ در اثر نیروی بار علاوه بر آن تحت تاثیر تنش ... برشی
نیز قرار می‌گیرد و حتی اغلب امکان دارد که میخ پرچ شدیدتر از تنش کششی، تحت تاثیر تنش برشی قرار بگیرد.



در شکل بالا این میخ پرچ در حالت گرم پرچ شده است.

در صرت عدم اثر نیروی بار، میخ پرچ تحت تاثیر نیروی کششی قرار می‌گیرد و در صورت تاثیر نیروی بار، میخ پرچ
علاوه بر آن تحت تاثیر تنش ... نیز قرار می‌گیرد. برشی

«پرچکاری گرم و پرچکاری سرد»

برحسب درجه حرارتی که میخ پرچ‌ها، پرچ می‌شوند می‌توان پرچکاری را به دو نوع پرچکاری گرم و پرچکاری سرد تقسیم کرد.

میخ پرچ‌های فولادی که دارای قطر بیشتر از ۱۰mm هستند و میخ پرچهایی که در ساختمانهای فولادی و دیگ بخار به کار می‌روند در حالت گرم تا درجه حرارت زیادی که از سرخی به سفید در می‌آیند (سرخ روشن)، چکش کاری یا پرس می‌شوند و بدین ترتیب در صورت سرد شدن میخ پرچ منقبض می‌شود به طوری که قطعات فلز به یکدیگر پرس می‌شوند و در نتیجه فشار اصطکاکی زیادی به وجود می آید. بدین ترتیب میخ پرچ تقریباً فقط تحت تاثیر تنش کششی قرار گرفته و ابداً تحت تاثیر تنش برشی قرار نمی‌گیرد. بنابراین به‌خصوص در صورت تاثیر نیروی بار دینامیکی اتصال استفاده از روش پرچکاری گرم مناسب می‌باشد. همچنین علاوه بر آن مزیتی که پرچکاری گرم نسبت به پرچکاری سرد دارد آن است که در پرچکاری گرم سوراخ قطعات اتصال بهتر پر می‌شود به طوری که بر سطح مقطع بیشتری از میخ پرچ تاثیر می‌گذارد.

امامیخ پرچ‌های فولادی که دارای قطر کمتر از ۱۰mm هستند همانند میخ پرچ‌هایی که از جنس مس و آلیاژهای مس، آلومینیوم و یا مشابه آنها ساخته می‌شوند، در حالت سرد پرچ می‌شود. در حالت پرچکاری سرد فقط فشار اصطکاکی کمی به‌وجود می‌آید به‌طوری که بدنهٔ میخ پرچ در فاصلهٔ بین دیوارهٔ سوراخ و بدنهٔ میخ پرچ تحت تاثیر پرس سطحی و تنش برشی قرار می‌گیرد و به همین جهت در صورت تاثیر نیروی بار دینامیکی قطعات اتصال، استفاده از پرچکاری سرد مناسب نمی‌باشد.

شکل بالا تصویر یک پیچ را نشان می‌دهد که شیار مارپیچ در روی آن تا قسمت سرپیچ ادامه دارد.

این یک .... است. پیچ

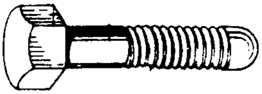
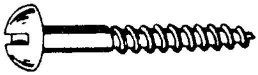
آیا در این پیچ، شیار مارپیچ در روی میلهٔ پیچ تا قسمت سر آن ادامه دارد؟ بله یا خیر؟ خیر

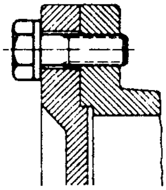
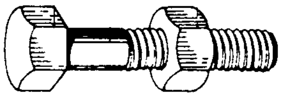
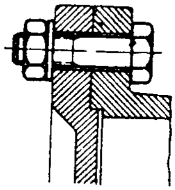
مسیر شیار مارپیچی در روی میلهٔ پیچ که آن را نخ پیچ یا راه پیچ نیز می‌نامند تا قسمت سر آن امتداد ندارد.

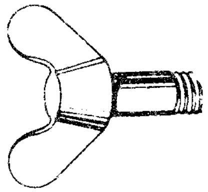
شکل بالا تصویر یک پیچ را نشان می‌دهد.

در این پیچ مسیر شیار مارپیچی در روی میله تا قسمت سر آن امتداد دارد.

میلهٔ این پیچ دارای فرم استوانه‌ای است و سر پیچ آن به فرم سر

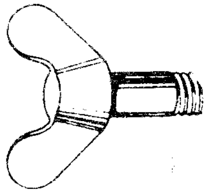
خزینه‌ای می‌باشد.	
آیا میلهٔ این پیچ دارای فرم استوانه‌ای است؟ بله یا خیر؟ فرم این پیچ استوانه‌ای نیست و دارای فرم‌مخروطی می‌باشد به طوری که سر پیچ آن نیز به‌فرم سر نیم‌گرد است.	خیر میله
 میلهٔ این پیچ دارای فرم بوده و سر پیچ آن دارای فرم شش‌گوش می‌باشد که به همین دلیل این نوع پیچ را نسبت به فرم سر پیچ آن، «پیچ سر شش‌گوش» می‌نامند.	استوانه‌ای
 فرم میلهٔ این پیچ مخروطی می‌باشد. آیا این یک پیچ سر شش‌گوش است؟ بله یا خیر؟ این یک پیچ سر شش گوش نیست زیار سر پیچ دارای فرم شش گوش نیست و دارای یک سر نیم‌گرد است که به همین دلیل این	خیر

نوع پیچ را نسبت به فرم سرپیچ آن، پیچ ..... می‌نامند.	سرنیم‌گرد
 در اینجا هر دو قطعات کار توسط یک پیچ به یکدیگر متصل شده‌اند و میلهٔ این پیچ که از نوع پیچ ..... است، دارای فرم ..... می‌باشد.	سر شش‌گوش-استوانه‌ای
 در این‌شکل تصویر یک پیچ ..... نشان‌داده‌می‌شود که‌فرم میلهٔ آن مخروطی شکل نیست و استوانه‌ای شکل است و بر روی شیارهای مارپیچی میلهٔ پیچ یک مهره قرار دارد.	سر شش‌گوش
 این‌قطعات کار توسط یک پیچ ..... به‌یکدیگر متصل شده‌اند. در انتهای پیچ، مهره‌ای قرار دارد که توسط آن پیچ نگه داشته می‌شود. این مهره را «مهرهٔ شش گوش» می‌نامند.	سر شش‌گوش



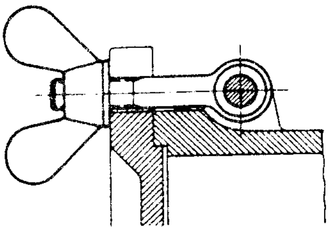
در شکل بالا تصویر یک پیچ نشان داده می‌شود.
از آنجائی که این پیچ دارای یک سر خروسکی می‌باشد به همین علت آن را پیچ .... می‌نامند.

خروسکی



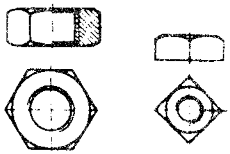
در این شکل تصویر یک پیچ .... نشان داده می‌شود.

خروسکی



به‌طوری‌که این پیچ توسط یک مهرهٔ .... نگه داشته شده است.

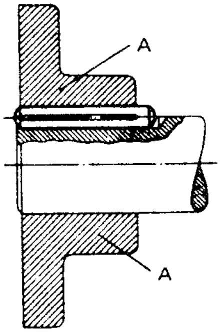
خروسکی



در اینجا چند نوع مختلف مهره نشان داده می‌شود.

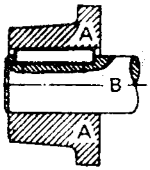
در سمت چپ تصاویری از مهره و در سمت راست تصاویری از مهرهٔ نشان داده می‌شود. | شش‌گوش - چهارگوش

که به‌عنوان یکی از وسایل اتصال محسوب می‌شود، به‌منظور نگهداری پیچ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. | مهره



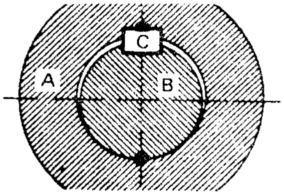
در اینجا تصویر محور و قطعه‌ای که روی محور سوار شده است نشان داده می‌شود به‌طوری که قطعهٔ سوار شونده با حرف A مشخص می‌شود.

قطعهٔ سوار شونده



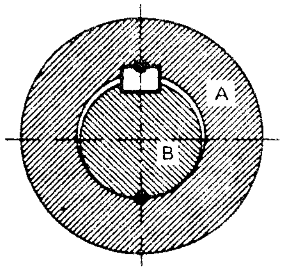
در شکل بالا تصویر یک محور با حرف B و با حرف A نشان داه می‌شود.

در اینجا قطعه‌ای در بین فصل مشترک شیار محور (B) و گلوئی قطعهٔ سوارشوندهٔ (A) قرار گرفته است که بر اثر فشرده شدن در بین آنها و در نتیجه به وجود آمدن نیروی اصطکاکی سبب انتقال نیرو و حرکت می‌گردد.



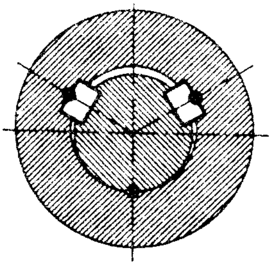
در این شکل تصویر .... (A) و .... (B) و گوهٔ (C) نشان داده می‌شود. این گوه سبب فشرده‌شدن قطعهٔ سوارشونده (A) و محور (B) می‌شود و در نتیجه باعث ایجاد اتصال بین محور (B) و قطعهٔ سوار شوندهٔ (A) می‌گردد.

قطعهٔ سوار شونده ـ
محور



در شکل بالا (A) .... و (B) .... را نشان می‌دهد.
.... (C) که در فصل مشترک قطعهٔ سوار شونده (A) و محور (B) قرار دارد، سبب فشرده شدن آنها و در نتیجه باعث ایجاد نیروی اصطکاکی می‌گردد که بدین ترتیب امکان انتقال نیرو را از محور به قطعهٔ سوار شونده فراهم می‌سازد.

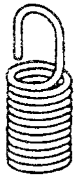
قطعهٔ سوارشونده ـ
محور
گوه



در این شکل یک محور به یک قطعهٔ سوار شونده توسط دو متصل شده است. این دو گوه در دو مکان به‌طور مجزا و با یک فاصلهٔ زاویه‌ای نسبت به یکدیگر قرار گرفته‌اند و بدین ترتیب امکان انتقال نیروی زیادی را از به فراهم می‌سازد.

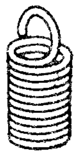
گوه

محور ـ قطعهٔ سوار شونده

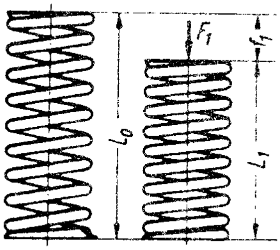


شکل بالا تصویر یک فنر مارپیچی را نشان می‌دهد که از جنس مفتول فنری ساخته شده و به فرم استوانه‌ای پیچیده شده است به‌طوری که در بالای آن حلقهٔ فنر به صورت یک حلقهٔ چشمی خمیدگی دارد.

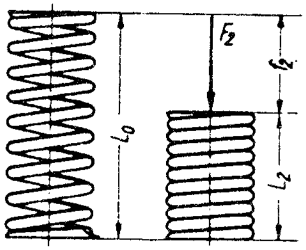
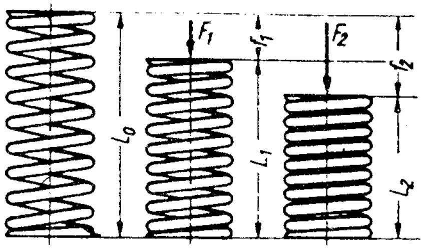
این فنر به علت نوع نیروی وارد بر آن یک «فنر مارپیچی کششی» نامیده می‌شود.

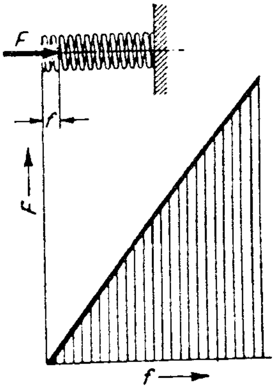


در این شکل تصویر یک نشان داده می‌شود. این فنر مارپیچی به صورت استوانه‌ای پیجیده شده به طوری که حلقه‌ها روی یکدیگر قرار دارند و در بالای آن دارای یک «حلقهٔ چشمی» می‌باشد. این فنر را به دلیل نوع نیروی وارد بر آن یک «فنر مارپیچی کششی» می‌نامند.	فنر مارپیچی

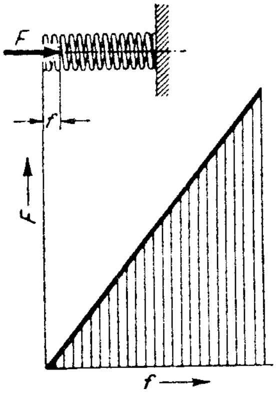


این شکل تصویر یک را نشان می‌دهد. در صورت عدم تاثیر بار بر روی فنر، فنر در حالت بی‌باری دارای طول فنر L_0 می‌شود اما اگر فنر به علت تاثیر نیروی F_1 در حالت باردار قرار بگیرد در آن صورت به علت قرار گرفتن حلقه‌ها بر روی یکدیگر دارای طول فنر L_1 می‌شود که اختلاف طول بین L_0 و L_1 را «راه‌فنر» می‌نامند که در اینجا با علامت F_1 آن را نشان می‌دهند. این فنر به علت نوع نیروی وارد بر آن یک «فنر مارپیچی فشاری»	فنر مارپیچی

نامیده می‌شود.	
 این شکل یک را نشان می‌دهد که توسط نیروی F_2 که بر فنر وارد می‌شود، باردار شده است. بنابراین در این حالت L_0 - L_2 برابر با f_2 می‌شود.	فنر مارپیچی فشاری راه فنر
 این فنر توسط نیروهای وارد بر فنر F_1 و سپس F_2 باردار شده است که در این حالت f_1 و f_2 هر دو هستند. بنابر این راه فنر f بر نیروی موثر بر فنر F یعنی همان نیروئی وابستگی دارد که روی فنر تاثیر می‌گذارد. در نتیجه می‌توان گفت که راه فنر به نیروی فنر وابسته می‌باشد.	راه فنر



در این دیاگرام وابستگی راه فنر به نشان داده می‌شود به‌طوری که هر چه میزان زیاد شود به‌همان نسبت میزان راه فنر نیز افزایش می‌یابد.	نیروی فنر نیروی فنر
از آنجائی که در این دیاگرام فنر، افزایش میزان نیروی فنر با میزان راه فنر متناسب است، بنابراین خارج قسمت میزان نیروی فنر به میزان راه فنر ثابت میباشد که آن را ثابت فنر C می‌نامند.	
در مورد C رابطهٔ زیر معتبر است: $C = \frac{F}{f}$	ثابت فنر



در این دیاگرام فنر، وابستگی میزان به‌میزان	نیروی فنر ـ

نشان داده می‌شود.

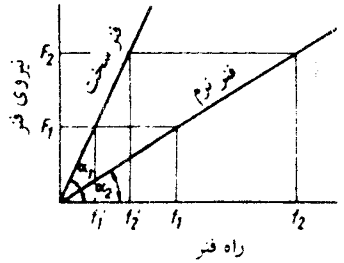
خارج قسمت نیروی فنر به راه فنر برابر با .... C است که میزان آن در اینجا ثابت می‌باشد.

در این حالت این وابستگی را می‌توان به صورت خط مستقیمی در روی نموداری نمایش داد که آن را «نمودار مشخصهٔ فنر» می‌نامند.

بنابراین نمودار مشخصهٔ فنر به صورت یک منحنی می‌باشد که وابستگی .... را به .... نشان می‌دهد.

در حالتی که میزان نیروی فنر با میزان راه فنر متناسب است، .... به‌صورت یک خط مستقیم نمایش داده می‌شود.

راه فنر
ثابت فنر
نیروی فنر ـ راه فنر
نمودار مشخصهٔ فنر



در این دیاگرام فنر، .... یک فنر .... و یک فنر .... نشان داده می‌شود.

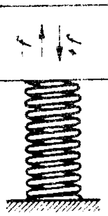
آیا هر دو فنرهای سخت و نرم در صورت تاثیر نیروی F_1 دارای اندازهٔ راه فنر یکسانی می‌شوند؟ بله یا خیر؟

اندازهٔ راه فنر در فنر .... بیشتر از اندازهٔ راه فنر در فنر .... است.

اندازهٔ راه فنر به جنس ماده و نوع فنر وابستگی دارد.

از آنجایی که در مورد .... C معتبر است: $C = \frac{F}{f}$ در این‌صورت .... C نیز به جنس ماده و نوع فنر وابستگی دارد.

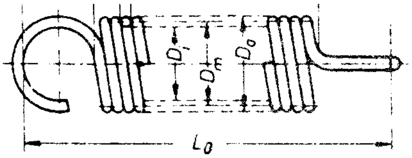
نمودار مشخصه ـ سخت ـ نرم
خیر
نرم ـ سخت
ثابت فنر
ثابت فنر



شکل بالا تصویر یک فنر مارپیچی نشان داده می‌شود که به فرم استوانه‌ای پیچیده شده است.

در این فنر مارپیچی که حلقه‌های آن در اثر اعمال فشار به هم نزدیک شده و روی هم قرار گرفته‌اند، تنش ایجاد شده است.

از آنجائی که این فنرهای مارپیچی در اثر اعمال فشار دارای تنش می‌شوند، آنها را «فنرهای مارپیچی فشاری» یا «فنرهای فشاری» می‌نامند.



در این شکل یک .... نشان داده می‌شود.

اما آیا این تصویر یک فنر مارپیچی فشاری را نشان می‌دهد؟

بله یا خیر؟

این فنر مارپیچی، یک فنر مارپیچی از نوع فشاری نیست زیرا نه در اثر اعمال فشار بلکه در اثر اعمال کشش باردار شده است که به همین علت یک «فنر مارپیچی کششی» یا «فنر کششی» نامیده می‌شود.

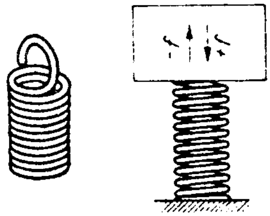
فنر مارپیچی

خیر

بنابراین یک فنر کششی از یک فنر مارپیچی تشکیل شده است که در اثر اعمال نیروی   دارای تنش می‌شود و همچنین یک فنرفشاری، یک‌فنر مارپیچی است‌که در حلقه‌های آن بر اثر اعمال نیروی   تنش ایجاد می‌گردد.

کششی

فشاری



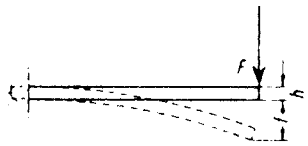
شکل سمت چپ تصویر یک   و شکل سمت راست تصویر یک فنر   را نشان می‌دهد.

فنرهای   و   ، فنرهای مارپیچی هستند که بر اثر اعمال نیروی کششی یا فشاری در حلقه‌های آن تنش ایجاد می‌شود.

فنر کششی -

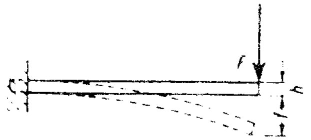
فشاری -

کششی ـ فشاری



شکل بالا تصویر یک فنر تحت   را نشان می‌دهد.

اگر انتهای فنر بر اثر تاثیر نیروی F بارگذاری شود در آن صورت فنر متناسب با مقدار نیرو به اندازهٔ راه فنر f جابجا می‌شود که در نتیجه در فنر انرژی ذخیره می‌شود.



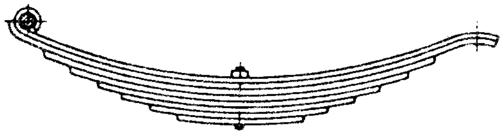
این شکل یک   را نشان می‌دهد.

این   را که بر اثر خمش دارای تنش خمشی می‌شود برحسب نوع تنشی که در فنر ایجاد می‌شود، یک «فنر خمشی» می‌نامند.

بنابراین در صورت وجود تنش در فنر خمشی به اندازهٔ راه فنر f انرژی ذخیره می‌شود.

فنر تخت

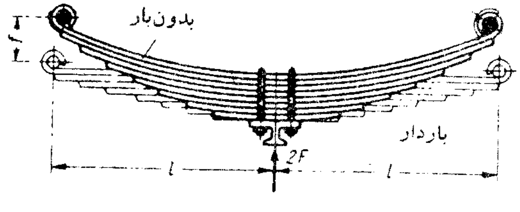
فنر تخت



این شکل نیز تصویر یک   را نشان می‌دهد.

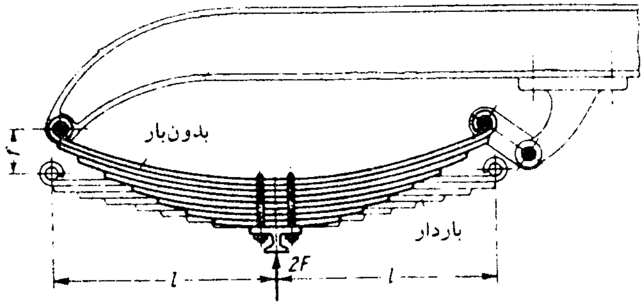
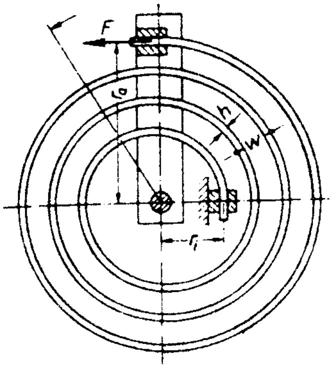
از آنجایی که این فنر خمشی از چند لایه تشکیل شده که به‌صورت ورقه‌های کم عرضی روی هم قرار گرفته است به‌همین علت نیز به آن «فنر تخت چند لایه» می‌گویند.

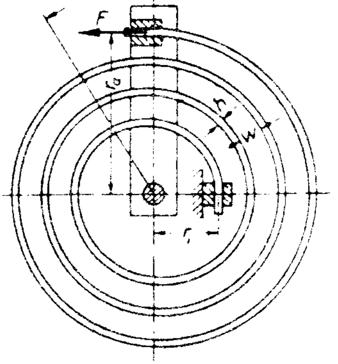
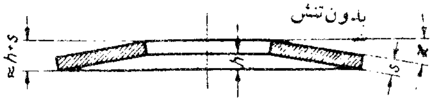
فنر خمشی

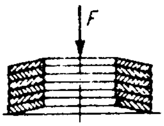
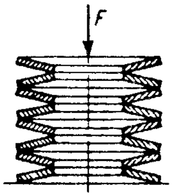
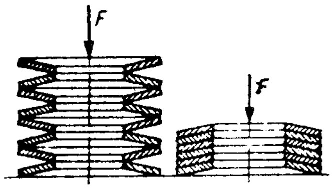


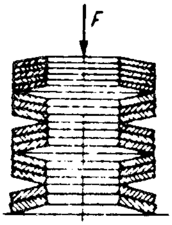
این شکل یک   را نشان می‌دهد که لایه‌های آن

فنر تخت‌چند لایه

توسط قلاب بسته شده است.	
	
در اینجا شکل یک نشان‌داده‌شده است که درصورت تأثیر تنش فشاری، انرژی روی ذخیره می‌شود و بدین ترتیب به‌طرف پایین خم می‌گردد. بنابراین در تاثیر نیرو در لایه‌های فنر موجب فشار آن به‌طرف پایین می‌گذرد که در نتیجه یک کار فنری انجام می‌شود.	فنر تخت چندلایه ـ لایه‌های فنر ـ لایه‌های فنر فنرهای تخت چندلایه
 این شکل یک فنر پیچشی را نشان می‌دهد. از آنجائی که فولاد فنر آن به فرم حلزون مسطح پیچیده شده است، این فنر پیچشی را «فنر حلزونی پیچشی» می‌نامند.	

 در شکل بالا تصویر یک نشان داده می‌شود. چون فنرهای پیچشی می‌توانند به خوبی انرژی را در خود ذخیره کنند به همین علت از فنرهای پیچشی به عنوان وسیله‌ای برای ذخیره کردن انرژی استفاده می‌شود که از آن جمله کاربرد آنها را در ساعت‌سازی می‌توان نام برد.	فنر حلزونی پیچشی
 این شکل یک فنر بشقابی را نشان می‌دهد که بارگذاری نشده است. بنابراین می‌توان چنین گفت که این فنر بشقابی تحت تاثیر تنش قرار نگرفته است.	

در اینجا شکل یک دیده می‌شود. از آنجایی‌که این بارگذاری‌شده است بنابراین فنر تحت تاثیر تنش قرار می‌گیرد.	فنر بشقابی فنر بشقابی
 این شکل یک فنر بشقابی روی هم را نشان می‌دهد. این فنر بشقابی روی هم از فنر بشقابی تشکیل شده است که به‌طور هم جهت روی هم قرار گرفته‌اند. به عبارتی در این فنرهای بشقابی روی هم فنرها به‌صورت بسته‌ای دریک ستون فنر در جهت موافق روی هم قرار می‌گیرند که این چنین فنرهایی را «فنرهای بشقابی مرکب» یا «فنرهای بشقابی ستونی» نیز می‌نامند.	شش
 فنرهای این فنر بشقابی روی هم در یک ستون فنر در جهت موافق روی هم قرار نگرفته‌اند و آرایش قرار گرفتن روی هم فنرها به طور مخالف می‌باشد.	
	

در اینجا تصویر دو نشان‌داده می‌شود. در تصویر سمت راست، فنر بشقابی روی هم از ترکیب فنرهایی تشکیل شده است که به صورت بسته‌ای در یک ستون فنر در جهت روی هم قرار گرفته‌اند و در سمت چپ، فنر بشقابی مرکب از ترکیب فنرهایی تشکیل‌شده است که به‌صورت بسته‌ای در یک‌ستون فنر درجهت روی‌هم‌قرار گرفته‌اند.	فنر بشقابی ستونی موافق مخالف
 شکل بالا تصویر یک فنر بشقابی مرکب را نشان می‌دهد. این فنر بشقابی مرکب از ترکیب فنرهایی تشکیل شده است که تعدادی از آنها در جهت و تعدادی دیگر در جهت روی‌هم قرار گرفته‌اند. همچنین فنرهای بشقابی مرکب، فنرهایی هستند که برحسب چگونگی آرایش روی هم قرار گرفتن فنرها به‌صورت انواع منحنی‌های مشخصه روی نمودارهای مشخصهٔ فنر نمایش داده می‌شوند.	موافق - مخالف

«خاصیت اِلاستیکی فنرها»

خاصیت اِلاستیکی فنرها که از خصوصیت تقریباً تما اجسام می‌باشد، نشان می‌دهد که آنها به علت دارا بودن خاصیت قابلیت اِرتجاع تحت تاثیر نیروهای خارجی تغییر فرم پیدا می‌کنند و سپس پس از حذف نیرو به علت داشتن خاصیت اِلاستیسیته کار گرفته شده را دوباره پس می‌دهند.

در مورد فنرهایی که در صنعت کاربرد دارند، تاثیر نیرو در صورت استفاده از موادی که خاصیت اِلاستیکی زیادی دارند و همچنین فرم مناسب فنر، به‌طور قابل ملاحیظه افزایش می‌یابد. انتخاب مواد اولیه و فرم مناسب یک فنر باید اساساً با توجه به مقدار نیروی فنر، راه فنر مورد نیاز و همچنین فضایی که فنر مصرف می‌کند، وزن فنر و درجه حرارت در نظر گرفته شود.

مادهٔ اولیه ـ فرم ـ تنش ـ باری که به آن وارد می‌شود

فنرها را می‌توان برحسب نوع (فنر از جنس فلز یا غیرفلز)، براساس آن (فنر تخت، فنر مارپیچی و غیره) و براساس‌نوع یا به‌عبارتی (فنر خمشی، فنرپیچشی و غیره) تقسیم‌بندی کرد.

اما در خصوص محاسبات مربوط به فنرها می‌توان گفت که این محاسبات فقط بر اساس نوع تنشی که در آنها به وجود آمده است، انجام می‌شود.

«نمودار مشخصهٔ فنر»

هر فنر بر اثر وارد شدن نیروی F بر آن تغییر فرم می‌دهد به‌طوری‌که نقطهٔ اثر نیرو به‌اندازهٔ f جابجامی‌شود.

راه فنر

اندازه راه فنر در واقع به علت همان تغییر مکان فنر به وجود می‌آید که بر اثر آن یک کار فنر ی نیز انجام می‌شود. همچنین

اندازهٔ راه فنر در فنرهای خمشی به عنوان همان خمش موجود در فنر محسوب می‌شود که بر اثر تنش خمشی در فنر ایجاد می‌گردد.

حال اگر این وابستگی اندازهٔ راه فنر را به تغییرات نیرو بر روی دو محور عمود برهم نمایش دهیم در آن صورت دیاگرامی ترسیم می‌شود که آن را «نمودار مشخصهٔ فنر» می‌نامند و در روی آن خط منحنی مشخصهٔ فنر نمایش داده می‌شود.

«منحنی مشخصهٔ خطی»

اگر کاری که یک فنر انجام می‌دهد همانطور که طبق قانون هوک معتبر است بدون اصطکاک در نظر گرفته شود در آن صورت منحنی مشخصهٔ فنر به صورت خطی می‌شود یعنی منحنی آن روی نمودار مشخصهٔ فنر به‌صورت یک خط مستقیم ترسیم می‌گردد. در این حالت تغییر اندازهٔ راه‌فنر f متناسب با مقدار تغییرات نیروی F می‌باشد به‌طوری که در صورت دو برابر شدن نیروی فنر، اندازهٔ راه فنر نیز دو برابر می‌شود. هر چه مقدار شیب خط مستقیم روی نمودار مشخصهٔ فنر بیشتر صعود کند، به همان نسبت در صورت ثابت بودن نیرو، اندازهٔ راه فنر کاهش می‌یابد یعنی به عبارتی به همان نسبت که فنر سخت‌تر می‌شود. (شکل ۱)

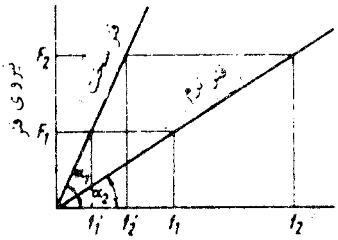
نسبت نیروی فنر به راه فنر که با تانژانت زاویهٔ شیب α که همان تانژانت زاویهٔ انحراف منحنی مشخصهٔ است، برابر می‌باشد. این رابطه در مورد تمام بارها یکسان بوده و درجهٔ سختی فنر را نشان می‌دهد که آن را ثابت فنر C یا ضریب فنر C می‌نامند:

$$C = \tan \alpha = \frac{F_1}{f_1} = \frac{F_2}{f_2} = \frac{F_2 - F_1}{f_2 - f_1} \quad N/mm \text{ برحسب}$$

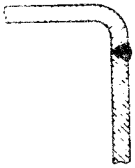
نیرو ـ راه فنر

ثابت فنر C به طور کلی نسبت برحسب N به برحسب mm را نشان می‌دهد.

به‌طور مثال فنرهای تخت، فنرهای بشقابی از فنرهای بشقابی ستونی، فنرهای پیچشی میله‌ای و فنرهای مارپیچی استوانه‌ای بر روی نمودار مشخصهٔ فنر دارای خط مستقیم یاتقریباً خط مستقیمی هستند.



شکل ۱: نمودار مشخصهٔ فنر مربوط به یک فنر سخت و یک فنر نرم



همان‌طور که در شکل نشان داده می‌شود، هر دو قطعات کار به‌یکدیگر جوش داده شده‌اند. حال اگر سعی کنیم که آنها را از هم جدا سازیم در آن صورت قطعهٔ جوش آسیب می‌بیند به طوری که دیگر حالت اولیه خود را ندارد و نمی‌توان دوباره آن را مورد استفاده قرار داد که در چنین حالتی این اتصال را یک «اتصال دائم» یا «اتصال جدانشونده» می‌نامند.

آیا یک اتصال پیچی به عنوان یک اتصال دائم شناخته می‌شود؟ بله یا خیر؟

خیر

یک اتصال پیچی، یک اتصال دائم نیست زیرا قطعاتی که پیچ داده می‌شوند یعنی قطعاتی که متصل می‌شوند به راحتی قابل جدا شدن از یکدیگر می‌باشند بدون آنکه قطعات یا پیچ آسیب ببینند که به همین علت به این نوع اتصال، یک اتصال ______ یا اتصال ______ می‌گویند.

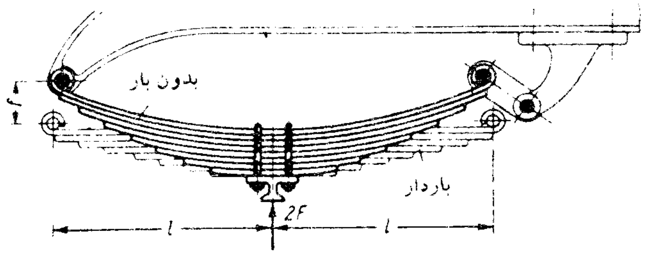
موقت ـ جدا شونده ـ

اتصالات توسط گوه نیز جزو اتصالات ______ محسوب می‌شود در حالی‌که برعکس اتصالات توسط لحیم کاری به‌عنوان اتصالات ______ شناخته می‌شود.

موقت ـ دائم

همچنین اتصالات پرچکاری که به آن اتصالات پرچی نیز می‌گویند جزو اتصالات ______ محسوب می‌گردند زیرا جدا کردن قطعات اتصال منجر به آسیب دیدن میخ پرچ می‌گردد.

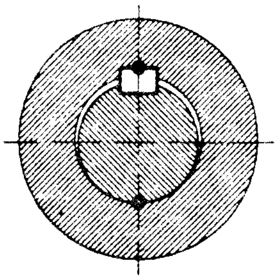
جدا نشونده



این فنر تخت چند لایه توسط دوگوشواره به دو طرف قطعه‌ای متصل می‌شود که چنین اتصالی به عنوان یک اتصال اِلاستیکی شناخته می‌شود.

بنابراین مطابق شکل بالا اتصال دو طرف یک قطعه به یک فنر تخت چند لایه، این اتصال ______ را به وجود می‌آورد. | اِلاستیکی

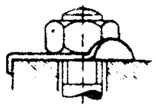
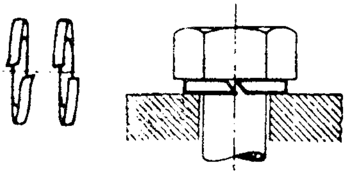
همچنین اتصال توسط یک فنر کششی یا فشاری هم یک اتصال ______ محسوب می‌شود. | اِلاستیکی

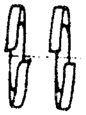


در اینجا یک محور و قطعهٔ سوارشونده توسط یک گوه به یکدیگر متصل شده‌اند که نوع اتصال آنها از نوع اتصال ______ است. | موقت

آیا اگر محور چرخیده شود، در آن صورت قطعهٔ سوارشونده و محور در دو جهت مخالف یکدیگر حرکت

خیر	می‌کنند؟ بله یا خیر؟
هم‌جهت	محور و قطعهٔ سوارشونده به‌طور ______ حرکت می‌کنند زیرا به‌علت قرار گرفتن یک گوه در بین فصل مشترک محور و قطعهٔ سوارشونده نیروی اصطکاکی بیشتری ایجاد می‌شود که در نتیجه مانع از لغزش قطعهٔ سوار شونده بر روی محور می‌گردد. بنابراین اتصال دو قطعه به علت وجود گوه در بین آنها یک نوع اتصالی را ایجاد می‌کند که مانع از حرکت هر دو قطعات در دو جهت مخالف یکدیگر می‌شود که چنین اتصالی را «اتصال فرمی» می‌نامند.
مخالف	بنابراین اتصال فرمی یک اتصالی است که امکان لغزش و حرکت‌محور و قطعهٔ‌سوارشونده را درجهت‌های ______ یکدیگر غیرممکن می‌سازد. در واقع به علت قرار گرفتن گوه در داخل شیار محور و قطعهٔ سوار فرم خاصی را به وجود می‌آورد که در نتیجه سبب فشرده شدن قطعهٔ سوار شونده بر روی محور می‌گردد که بدین ترتیب از امکان حرکت آنها در دو جهت مخالف جلوگیری می‌شود.
خیر	آیا امکان باز شدن این پیچ به‌طور تصادفی وجود دارد؟ بله یا خیر؟ امکان چرخیدن این پیچ به‌طور اتفاقی وجود ندارد زیرا پیچ توسط یک ضامن پیچی محکم می‌شود. از آنجائی که در این حالت پیچ و قطعهٔ کار به علت استفاده از یک ضامن پیچی نمی‌توانند برخلاف جهت یکدیگر حرکت کنند، این چنین

ضامن پیچی دارای اتصال فرمی می‌باشد.	
 این‌شکل تصویر یک را که‌دارای اتصال فرمی است نشان‌می‌دهد. ضامن‌های پیچی که‌دارای‌اتصال هستند از چرخیدن و باز شدن پیچ به علت چرخش جلوگیری می‌کنند.	ضامن پیچی فرمی
 شکل بالا تصویر یک را که دارای اتصال می‌باشد، نشان می‌دهد. ضامن‌های پیچی از حرکت چرخشی پیچ یا مهره به‌طور تصادفی جلوگیری می‌کنند.	ضامن پیچی ـ فرمی
 در اینجا تصاویر واشرهای فنری نشان داده می‌شود. همچنین که پولکهای فنری نیز نامیده می‌شوند از نوع ضامن‌های پیچی هستند. واشرهای فنری نیرویی را اعمال می‌کنند که از شُل شدن پیچ جلوگیری می‌کند و پیچ را بسته نگه می‌دارد. این چنین ضامن‌های پیچی دارای اتصال اصطکاکی هستند.	واشرهای فنری



در شکل‌های بالا تصاویری از واشرهای فنری دیده می‌شود.

همچنین از واشرهای فنری نیز به عنوان ضامن‌های پیچی استفاده می‌شود. این نوع از ضامن‌های پیچی که دارای اتصال اصطکاکی هستندبه علت تاثیر اصطکاک از شل شدن پیچ‌ها جلوگیری می‌کنند.

بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ضامن‌های پیچی که دارای اتصال ______ و اتصال ______ هستند باعث جلوگیری از باز شدن پیچ می‌شوند.

فرمی ـ اصطکاکی

البته تاثیر استفاده از ضامن‌هایی که دارای اتصال ______ هستند بیشتر از ضامن‌هایی است که دارای اتصال اصطکاکی می‌باشند.

فرمی

«اتصالات لحیم‌کاری»

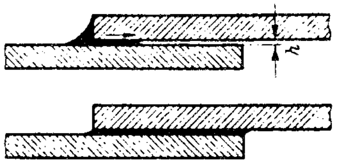
امروزه لحیم‌کاری در صنعت مدرن تولید حائز اهمیت بسیاری شده است در حالی‌که این کار سابقاً به عنوان یک حرفهٔ دستی شناخته می‌شد و به همین علت نیز زیاد مورد توجه قرار نمی‌گرفت در حالی که در عصر حاضر از روش لحیم‌کاری در زمینه‌های مختلفی استفاده می‌شود که از جمله موارد زیر را می‌توان نام برد: لحیم‌کاری شاسی‌های فولادی، رادیاتور وسایل نقلیه موتوری، اتاق اتومبیل، مخازن کوچک، بناهای سبک فولادی و قطعات دستگاهها و ماشین‌ها.

همچنین از روش لحیم‌کاری مانند جوشکاری ذوبی به منظور اتصال حرارتی قطعات فلزی کار نیز استفاده می‌شود ولی برخلاف جوشکاری ذوبی، لحیم‌کاری اتصالات توسط مادهٔ اضافی (لحیم) در «درجه حرارت کار» که پایین‌تر از درجه حرارت نقطهٔ ذوب قطعات کار می‌باشد، انجام می‌شود. این درجه حرارت کار در واقع درجه حرارتی است که باید قطعات کار در محل لحیم‌کاری داشته باشند به‌طوری که در این درجه حرارت لحیم در درز بین قطعات در اثر مکش جاری می‌شود و در نتیجهٔ این سیلان، لحیم مذاب در سطح پوستهٔ روی قطعات نفوذ می‌کند و بدین ترتیب موجب اتصال قطعات می‌گردد.

اگر چه باید بین «لحیم‌کاری سخت»، «لحیم‌کاری نرم» و «لحیم‌جوشکاری» تفاوت قائل شویم به طور مثال در لحیم‌کاری نرم، لحیم در درجه حرارت کمتر از $۴۵۰^\circ C$ ذوب می‌شود در حالی که در لحیم‌کاری سخت که لحیم مذاب در شکاف اتصال به طور کامل نفوذ می‌کند، نقطهٔ ذوب لحیم بیشتر از $۴۵۰^\circ C$ است. البته «لحیم جوشکاری» که «لحیم جوشکاری سخت» نیز نامیده می‌شود مشابه جوشکاری ذوبی بوده و در واقع لحیم کاری درز جوشهایی از نوع درز جوش دارای شیار می‌باشد (مانند درز جوش لب به‌لب) به‌طوری که در این حالت کشیده شدن لحیم به داخل درز جوش به‌طور مرحله‌ای و نه به علت خاصیت موئینگی انجام می‌شود و نقطهٔ ذوب مادهٔ اضافی در حد بالاتر از $۴۵۰^\circ C$ قرار دارد.

در لحیم‌کاری سخت شکاف بین قطعات کار که به طور موازی روی هم متصل می‌شوند نباید بیشتر از ۰/۵mm باشد. در این حالت لحیم مذاب بر اثر تاثیر خاصیت

موئینگی در شکاف اتصال یا به عبارتی در درز محل اتصال مکیده شده و نفوذ می‌کند به طوری که لحیم مذاب، شیار بین سطوح را به‌طور کامل پر می‌کند.



اثر جذب و مکش لحیم در درز بین قطعات کار به‌علت تاثیر خاصیت موئینگی

در لحیم‌کاری درز جوش‌هایی که دارای شیار هستند مانند (درز جوش از نوع خباغی که دارای فرم درز V است) درز محل اتصال توسط لحیم‌مذاب به طور مرحله‌ای پر می‌شود.

البته با استفاده از یک «روانساز» مناسب نیز می‌توان لایه‌های اکسیدی و مواد زائد را از روی درزجوش بر طرف نمود تا بدین‌وسیله شبکهٔ اتمی در مواد بتوانند با هم تماس داشته باشند.

در صورت مناسب‌بودن درجه حرارت لحیم‌کاری، حرکت اتم‌ها افزایش می‌یابد. بدین ترتیب که لحیم مذاب با سطوح قطعات کار تماس پیدا می‌کند و سیلان می‌یابد و در صورت پرشدن کامل لحیم مذاب در بین فضای خالی قطعات کار، تغییر مکان اتم‌ها به وجود می‌آید و در نتیجه فرآیند دیفوزیون انجام می‌شود. به این صورت که مادهٔ لحیم مذاب بر روی لایه‌ای از سطح کار نفوذ می‌کند و آلیاژ می‌شود و این عمل آلیاژ شدن لحیم با لایهٔ روئی سطح قطعات، اتصال محکمی را به وجود می‌آورد.

«روانسازها»

در هنگام انجام فرآیندهای ذوب اضافه کردن ترکیباتی مانند روانسازها می‌توانند به‌علت پایین‌تر بودن نقطهٔ ذوب آنها نسبت به نقطهٔ ذوب فلز، به‌صورت مایع در آمده و به‌منظور حل شدن سرباره‌ها، اکسیدها مورد استفاده قرار گیرد. «روانساز» که «تنهٔ کار» هم نامیده می‌شود می‌تواند قابلیت عکس‌العمل در مقابل اکسیدها و سرباره‌ها (تفاله‌ها) را افزایش دهد.

به‌طوری که مانع تشکیل اکسیدها شود و پاک کردن تفاله‌ها را سهل سازد. به‌طور کلی روانسازها را می‌توان به‌صورت سه دسته از یکدیگر متمایز کرد که عبارتند از: روانساز از نوع بازی (قلیائی)، روانساز از نوع اسیدی و روانساز از نوع خنثی. همچنین از این روانسازها که می‌توانند دارای ترکیباتی از نمک‌ها باشند به‌منظور پاک کردن قسمت‌های قطعات کار که باید به هم متصل شوند در هنگام جوشکاری و لحیم‌کاری استفاده می‌شود. این روانسازها قابلیت مقاومت فلز را در مقابل رطوبت هوا افزایش می‌دهند و محل اتصال را در مقابل رسیدن هوا و سرمای سریع به آن محافظت می‌کنند.

«اتصالات موقت»
پیچ‌ها و دندانه‌ها

پیچ‌ها که به عنوان اجزاء ماشین شناخته می‌شوند در ماشین‌سازی اکثراًکاربرد دارند و به‌صورت فرم‌های گوناگون و مختلفی ساخته می‌شوند که از جمله به منظور محکم کردن قطعات فولادی و ماشین‌ها بر روی ورق‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

از جمله مزیتی که پیچ‌ها دارند این است که در اتصالات پیچی قطعات از یکدیگر قابل جدا شدن هستند یعنی در صورت تمایل از طریق بازکردن پیچ‌ها می‌توان قطعات را دوباره از هم جدا و یا قطعات را به هم متصل کرد و همچنین یک مزیت دیگر استفاده از پیچ‌ها این است که چون پیچ‌ها در تعداد زیاد و به‌صورت سری تولید می‌شوند به همین علت نیز قیمتشان نسبتاً ارزان تمام می‌شود.

اما گر پیچ‌ها را از نظر شکل ظاهری در نظر بگیریم مشاهده می‌کنیم که روی پیچ‌ها دندانه‌هایی وجود دارد که آن را «دندانه‌های پیچ» می‌نامند به‌طوری که این دندانه‌های پیچ نیز که دارای گام h می‌باشند، به طور مارپیچی دور تنه هستهٔ استوانه‌ای شکل که دارای قطر داخلی d_1 است، پیچیده می‌شوند.

حال اگر پیچش یک دندانه را روی قطر متوسط پیچ d_2 که از نظر درک تئوری روابط نیرو حائز اهمیت می‌باشد، به‌صورت یک تصویر تجسمی گسترش دهیم در آن صورت مثلثی تشکیل می‌شود که دارای زاویهٔ پهلوهای دندهٔ α است و به همین ترتیب نیز در صورت گسترش مارپیچ، زاویهٔ خارجی دندهٔ α_a در مثلثی که یک ضلع آن گام h و ضلع دیگرش $d\pi$ است، به‌وجود می‌آید و همچنین زاویهٔ هستهٔ دندهٔ α_k در مثلثی که یک ضلعش گام h و ضلع دیگرش $d_1\pi$ است، به دست می‌آید.

حال در صورتی که به یک اتصال پیچی توجه کنیم، می‌بینیم که یک اتصال پیچی از یک پیچ که دارای دندانه‌های خارجی می‌باشد و همچنین از قطعه‌ای به نام مهره یا قطعهٔ کار که دارای دندانه‌های داخلی است، تشکیل می‌گردد.

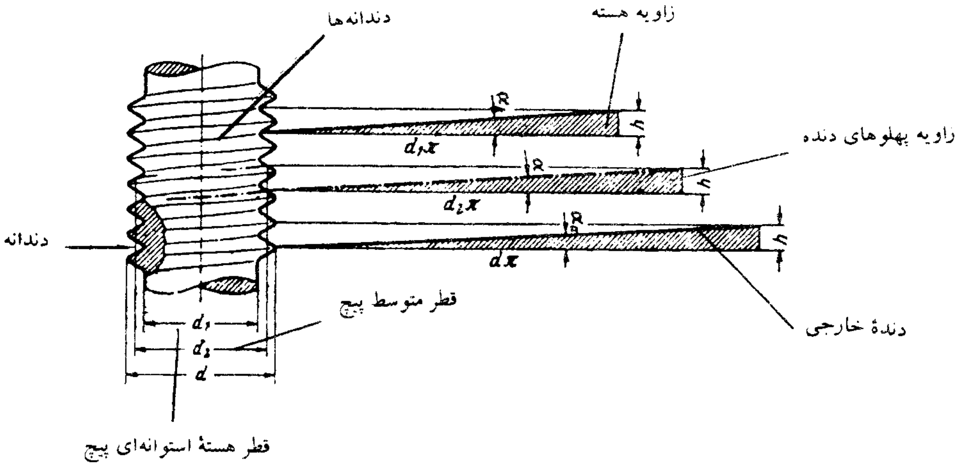
به‌طور کلی فرم پروفیل دندانه‌های پیچ‌ها به‌صورت‌های مختلفی ساخته می‌شود که به‌طور مثال دندانه‌های پیچ‌هایی که دارای پروفیل دنده مثلثی شکل (دندانه V) هستند را

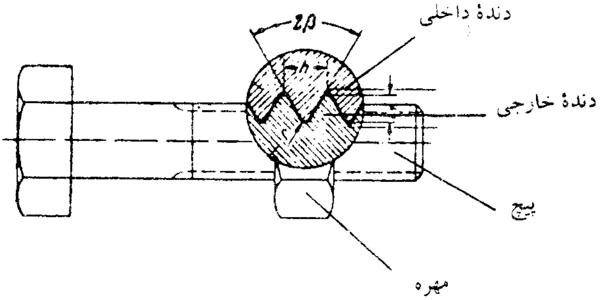
می‌توان نام برد که این‌گونه پیچ‌ها از استحکام معمولی برخوردارند و این نوع پیچ را «پیچ دندانه مثلثی» می‌نامند.

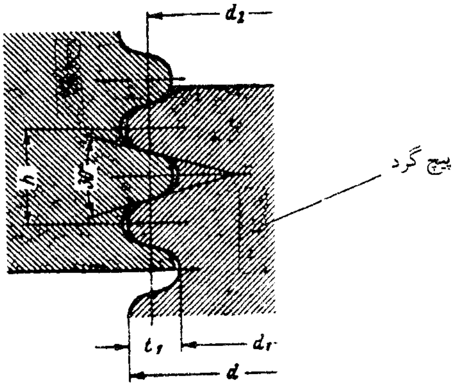
پیچ‌ها به‌طور کلی به دو دسته طبقه‌بندی می‌شوند یک نوع پیچ‌های متریک هستند که دارای زاویهٔ دندانه $2\beta = 60^0$ و دستهٔ دیگر پیچ‌های ویتورث نامیده می‌شوند که دارای زاویهٔ پهلوهای دندهٔ $2\beta = 55^0$ می‌باشند. همچنین اندازهٔ قطر خارجی d در مورد پیچ‌های متریک بر حسب میلیمتر به‌دست می‌آید و در مورد پیچ‌های ویتورث (پیچ‌های اینچی) این دسته برحسب اینچ می‌باشند که البته در کشور انگلستان کاربرد آنها متداولتر است.

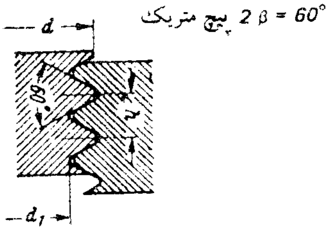
پیچ‌های متریک در سه گروه پیچ تقسیم‌بندی می‌شوند که عبارتند از پیچ‌های دندانه‌ریز (گروه ظریف)، پیچ‌های دندانه درشت (گروه خشن) و پیچ‌های دندانه متوسط (گروه متوسط). اما بین پیچ‌های گروه خشن با پیچ‌های گروه ظریف تفاوتهایی وجود دارد که از جمله پیچ‌های ظریف نسبت به پیچ‌های خشن دارای عمق دندانهٔ کمتر و به همان نسبت گام کوچکتری هستند. این دسته از پیچ‌ها که پیچ آنها کوتاه است در مورد لوله‌هایی که دارای ضخامت کمی هستند مناسب می‌باشد.

پیچ‌ها در فرم‌های مختلفی ساخته می‌شود مانند پیچ‌های دنده مربعی، دنده ذوزنقه‌ای، دنده مثلثی و دنده گرد و... که در مورد اتصالات پیچی که در معرض هوا قرار دارند و غالباً به کرات باید باز شوند، اکثراً از پیچ‌های گرد پر قدرت استفاده می‌شود.


دندانه‌ها
زاویه هسته
زاویه پهلوهای دنده
دندانه
قطر متوسط پیچ
دندهٔ خارجی
قطر هستهٔ استوانه‌ای پیچ
$d_1\pi$
$d_2\pi$
$d\pi$
d_1
d_2
d
h
R


دندهٔ داخلی
دندهٔ خارجی
پیچ
مهره
2β


پیچ گرد
d_2
d_1
d
t_1
h


پیچ متریک $2\beta = 60°$
d
d_1
60°
h

«فنرهای لاستیکی»

به‌طور کلی از فنرهای لاستیکی به منظور خفه کردن و کاهش نوسانات، ضربه‌ها و صدا استفاده می‌شود. علاوه بر لاستیک طبیعی، نوع دیگری از لاستیک به نام لاسیتیک مصنوعی (کائوچوی مصنوعی) نیز وجود دارد که تحت نام «بونا» Buna شهرت دارد. «بونا» که از بوتادین و ناتریوم (سدیم) ساخته می‌شود، برای اولین بار در کشور آلمان تولید شده است. به طور کلی بونا دارای خصوصیت‌هایی مشابه با خصوصیت‌های لاستیک طبیعی می‌باشد فقط با این تفاوت که در مقابل کهنگی و حرارت بسیار مقاوم و در برابر سائیدگی دارای استحکام بسیار زیاد و همچنین مقاوم در برابر فساد ناشی از بنزین و روغن می‌باشد.

اما تاثیرات ناشی از اعمال درجه حرارت در حد بالا در مدت طولانی، نور یا اسید سبب سرعت بخشیدن در کهنگی لاستیک می‌شود به‌طوری که اثر کهنگی در لاستیک‌های مصنوعی (به‌صورت لاستیک سخت) و در لاستیک‌های طبیعی (به‌صورت لاستیک نرم) با تشکیل شکافها و ترکهایی محسوس و قابل توجه می‌گردد.

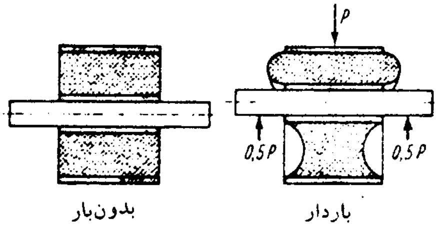
درجه حرارتهای کار انواع مختلف لاستیک

درجه حرارتهای کار بر حسب °C	انواع مختلف لاستیک
-۳۰ ... +۶۰	لاستیک طبیعی
-۲۵ ... +۷۵	بونا ـ اس (Buna - s) [کائوچوی استیون ـ بوتادین (SBR)]
-۲۰ ... +۷۵	بونا ـ اس ـ اس Buna - ss
-۲۵ ... +۸۵	پربونان (Buna - N) [کائوچوی نیتریل ـ بوتادین (NBR)]
-۲۰ ... +۸۰	پربونان Extra
-۱۵ ... +۵۰	پرودورهای G
-۱۵ ... +۵۰	پرودورهای H
-۱۵ ... +۵۰	تیوکول (Thio Kol) A (کائوچوی پلی سولفید)

همچنین فنرهایی نیز وجود دارند که از لاستیک و قسمت‌های فلزی تشکیل می‌شوند به‌طوری که در این حالت از طریق «ولگانیزه کردن» اتصال محکمی بین لاستیک و صفحات فلزی به وجود می‌آید و بدین ترتیب از طریق عمل پرس کردن قطعاتی که فرم داده شده‌اند، انواع فنرهای لاستیکی تولید می‌شود. در این نوع فنرها میزان محکم بودن اتصال بین لاستیک و فلز (فلزاتی ماننند برنج، برنز، روی، فلزات سبک) به حدی زیادی است که اکثراً بیشتر منجر به پاره‌شدن لاستیک می‌شود تا اینکه سبب جا شدن اتصال فلز و لاستیک گردد.

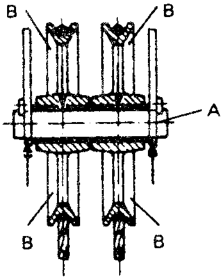
در حالی که اثر نیروی فنر که سبب جابجائی فنر (اندازهٔ راه فنر) می‌شود در مورد فنرهای فلزی با توجه به فرم پروفیل فنر در نظر گرفته می‌شود اما در مورد فنرهای غیرفلزی مانند فنرهای لاستیک اثر نیروی فنر در خود مادهٔ لاستیک است.

لاستیک‌ها نیز مانند مایعات قابلیت تراکم و فشرده شدن ندارند و در صورتی می‌توانند حالت فنری داشته باشند که تحت اثر نیروی بار دارای قابلیت تغییر فرم الاستیکی باشند.

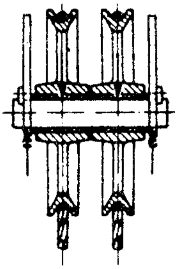


فصل دوم

اجزاء ماشین



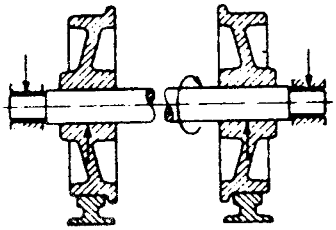
در اینجا تصویر یک اکسل (A) نشان داده می‌شود که در روی آن دو قرقرهٔ (B) دوران می‌کنند. اما از آنجائی که خود اکسل ثابت است و فقط مرکز دوران قرقره‌ها می‌باشد به همین علت این نوع اکسل را «اکسل ساکن» می‌نامند.



شکل بالا تصویر یک .... را نشان می‌دهد.

اکسل‌های ساکن به خصوص به عنوان محور قرقره‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند و در آنها تنش خمشی ایجاد می‌گردد.

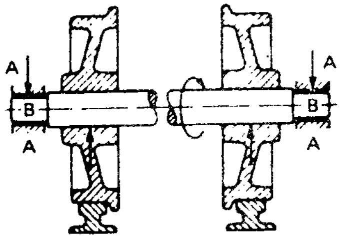
اکسل ساکن



آیا در اینجا تصویر یک اکسل نشان داده می‌شود؟ بله یا خیر؟

خیر

شکل بالا تصویر یک اکسل ساکن را نشان نمی‌دهد زیرا این اکسل دارای حرکت دورانی می‌باشد که به همین علت نیز آن را «اکسل دورانی» می‌نامند.

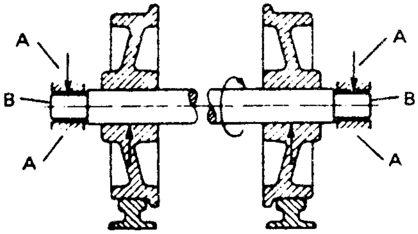


در این شکل یک .... دیده می‌شود.

این اکسل دورانی که دارای دو قطعهٔ ساکن (B) است دارای حرکت .... می‌باشد به طوری که در هنگام حرکت .... در مقابل اعمال نیروی خمشی در این اکسل دورانی، تنش خمشی ایجاد می‌شود. به عبارتی که به علت تاثیر بارهای دینامیکی در اکسل‌های دورانی، تنش خمشی دینامیکی به وجود می‌آید.

اکسل دورانی

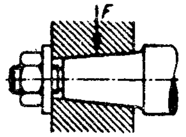
چرخشی ـ دورانی



در شکل بالا تصویر یک .... نشان داده می‌شود.

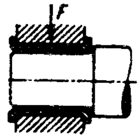
در این حالت قطعات انتهایی (B) که در یاتاقان (A) حرکت دورانی دارند، «زبانهٔ اکسل» نامیده می‌شوند.

اکسل دورانی



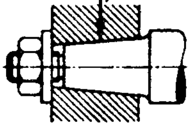
این شکل نیز تصویر   یا سر یک اکسل ساکن را نشان می‌دهد. | زبانه

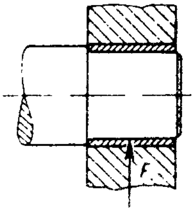
چون این   در این یاتاقان به طور ثابت قراردارد و دارای حرکت دورانی نمی‌باشد به همین علت نیز آن را یک «زبانهٔ ساکن» می‌نامند. | زبانه



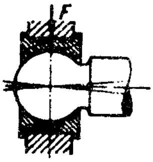
در شکل بالا تصویر   یک اکسل دورانی نشان داده می‌شود. | زبانه

از آنجائی که این زبانه در یاتاقان دارای حرکت   است به‌همین علت نیز این نوع زبانهٔ اکسل را «زبانهٔ متحرک» می‌نامند. | چرخشی





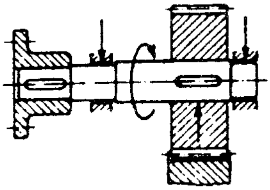
شکل سمت چپ تصویر یک   و شکل سمت راست، | زبانهٔ ساکن

یک را نشان می‌دهد. و که تحت تاثیر نیروی خمشی قرار می‌گیرند، «زبانه‌های یاتاقان» نامیده می‌شوند زیرا در این حالت اکسل به منظور یاتاقان‌بندی به‌صورت زبانه‌دار ساخته می‌شود.	زبانهٔ متحرک زبانهٔ ساکن ـ زبانهٔ متحرک
 در شکل بالا تصویر یک زبانهٔ کروی نشان داده می‌شود که دارای می‌باشد زیرا در این حالت زبانه، یاتاقان‌بندی شده است. زبانه‌های کروی که هم در اکسل‌های ساکن و هم در اکسل‌های دورانی به کار می‌روند می‌توانند از نوع یا باشند.	زبانهٔ یاتاقان زبانه کروی ساکن ـ زبانهٔ کروی متحرک

«اکسل‌ها»

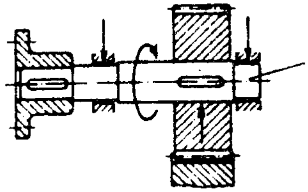
اکسل‌ها جزو اجزائی از ماشین محسوب می‌گردند که محور قرقره‌ها، چرخ‌دنده‌ها و اهرم‌ها و دیگر قطعات متحرک مشابه را تشکیل می‌دهند و عمدتاً بر اثر اعمال نیروهای خمشی و ندرتاً بر اثر نیروهای کششی و فشاری نیز دچار تنش می‌شوند.

همچنین اکسل‌ها سبب انتقال نیروی گشتاور نیز نمی‌شوند. اکسل‌های ساکن که روی آنها قسمتهای یاتاقان‌بندی شده مانند قرقره‌ها به‌طور آزاد دارای حرکت دورانی هستند تا حد مناسبی تنش را تحمل می‌کنند و اکسل‌های دورانی نیز که مرکز دوران قطعاتی مانند چرخ‌دنده‌ها هستند باید تنش‌های خمشی دینامیکی را تحمل کنند و به عبارتی تحت تاثیر بارهای دینامیکی قرار بگیرند. اکسل‌های دورانی همچنین نسبت به اکسل‌های ساکن هم‌جنس و هم اندازهٔ خود دارای میزان ظرفیت تحمل فشار بار کمتر می‌باشند.



در اینجا شکل یک شافت نشان داده می‌شود.

شافت‌ها که اکثراً دارای حرکت دورانی هستند، به منظور انتقال نیروهای گشتاوری مورد استفاده قرار می‌گیرند و همچنین در اثر اعمال نیروی خمشی و پیچشی نیز دچار تنش خمشی و تنش پیچشی می‌شوند.



شکل بالا تصویر یک .... را نشان می‌دهد. از آنجائی‌که از شافت‌ها به‌منظور انتقال .... استفاده می‌شود به‌همین علت نیز بیشتر در آنها تنش پیچشی به وجود می‌آید.

همان‌طور که در تصویر مشاهده می‌شود سمت راست شافت به یک زبانه منتهی می‌گردد و .... شافت نیز در یک یاتاقان (A) قرار دارد که دارای حرکت دورانی می‌باشد.

بنابراین .... اجزائی از ماشین‌ها هستند که به‌علت انتقال .... بیشتر در آنها تنش‌پیچشی ایجاد می‌شود (به‌عبارتی هم تحت تاثیر تنش خمشی و هم تحت تاثیر تنش پیچشی قرار می‌گیرند).

بنابراین قطعات انتهایی شافتها که معمولاً زبانه‌دار ساخته

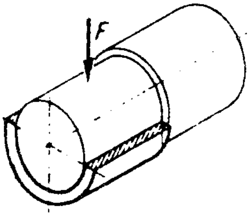
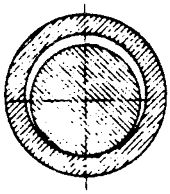
شافت

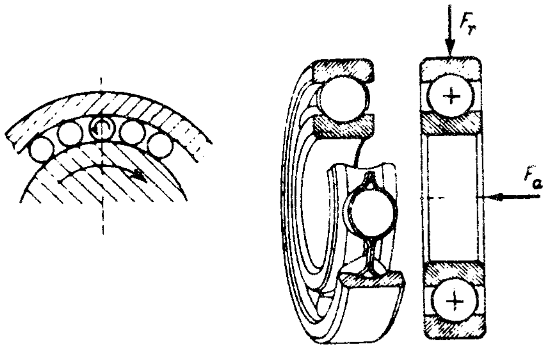
نیروهای گشتاوری

زبانه

شافت‌ها ـ

نیروهای گشتاوری

می‌شود، شده و دارای حرکت دورانی هستند.	یاتاقان‌بندی
 مطابق شکل بالا زبانهٔ این‌شافت در یک دارای حرکت دورانی می‌باشد به‌طوری که سطوح روئی زبانه و پوستهٔ یاتاقان بر روی یکدیگر حرکت لغزشی دارند و به همین علت نیز چنین یاتاقانی را «یاتاقان لغزشی» می‌نامند.	یاتاقان
 این شکل یک را نشان می‌دهد که از نوع می‌باشد زیرا پوستهٔ یاتاقان و سطوح روئی زبانه بر روی یکدیگر حرکت لغزشی دارند و بین آنها اصطکاک لغزشی ایجاد می‌شود.	یاتاقان ـ یاتاقان لغزشی



در اینجا تصویر یک   نشان داده می‌شود.

آیا این تصویر یک یاتاقان لغزشی را نشان می‌دهد؟ بله یا خیر؟

این تصویر مربوط به یک یاتاقان لغزشی نمی‌شود بلکه شکل یک یاتاقان غلتشی را نشان می‌دهد و به همین علت نیز در این یاتاقان اصطکاک لغزشی حاکم نمی‌شود و فقط اصطکاک غلتشی ایجاد می‌گردد.

یاتاقان

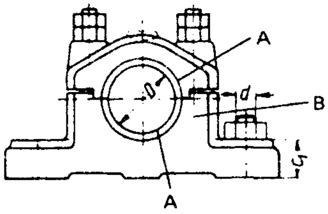
خیر

شکل سمت چپ تصویر یک   و شکل سمت راست تصویر یک   را نشان می‌دهد.

در   ، اصطکاک لغزشی و برعکس در   ، اصطکاک غلتشی حاکم می‌شود.

یاتاقان لغزشی - یاتاقان غلتشی

یاتاقان لغزشی - یاتاق غلتشی

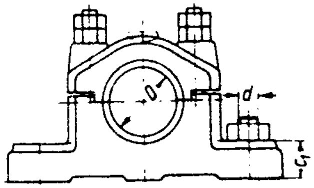


در شکل بالا تصویر یک یاتاقان لغزشی از نوع یاتاقان لغزشی ایستاده نشان داده می‌شود.

این یاتاقان از دو پوسته (A) تشکیل شده که در داخل بدنه (B) قرار گرفته است.

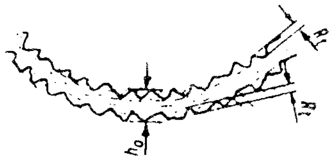
بنابراین یک یاتاقان لغزشی، یاتاقانی است که در آن یاتاقان (که دارای حرکت دورانی می‌باشد در داخل یاتاقان (که به طور ساکن در داخل بدنه قرار دارد) دارای حرکت لغزشی می‌باشد.

زبانهٔ ـ پوسته



این شکل یک یاتاقان لغزشی از نوع ایستاده است که از یک که به‌طور ساکن در بدنه کار گذاشته شده، تشکیل شده است.

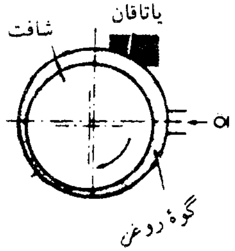
پوستهٔ یاتاقان



اصطکاک لغزشی

مطابق شکل در فاصلهٔ بین سطوح لغزشی زبانه و یاتاقان به‌وجود می‌آید. در این حالت در بین سطوح لغزشی وجود مواد روغنی به صورت ضخامتی از لایهٔ روغن سبب به وجود آمدن اصطکاک مایعی شده و بدین ترتیب از میزان اصطکاک کاسته می‌گردد.

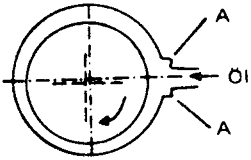
بنابراین به منظور کاهش اصطکاک بین سطوح لغزشی یاتاقان می‌توان از روغن استفاده کرد و حتی آب و گرافیت نیز می‌تواند بدین منظور به کار برده شود.

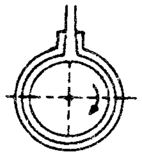
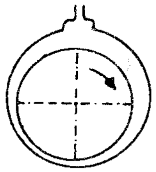


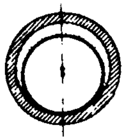
یاتاقان لغزشی - روغن

در این شکل که تصویر یک نشان‌داده می‌شود، بین سطوح لغزشی وجود دارد که وجود آن سبب ایجاد ضخامتی از لایهٔ چسبندهٔ روغن در بین سطوح لغزشی می‌گردد.

اما آیا وجود لایهٔ روغن در بین سطوح لغزشی باعث ایجاد اصطکاک روان (اصطکاک مایعی) می‌شود یا اصطکاک خشک (اصطکاک جامد)؟ وجود چنین لایهٔ چسبنده‌ای از روغن سبب

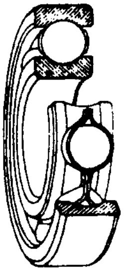
می‌شود که در بین سطوح لغزشی .... حاکم شود. در واقع ضخامتی از .... فشار زیادی به وجود می‌آورد به‌طوری که در اثر حرکت چرخشی، روغن در فاصلهٔ بین محور و یاتاقان نفوذ کرده و در ناحیهٔ فشار سبب به وجود آمدن لایه‌ای از روغن می‌شود و بدین ترتیب زبانه در روغن غوطه‌ور می‌شود و در نتیجه باعث به‌وجود آمدن .... می‌شود که‌در این حالت آن را «اصطکاک مایعی کامل» نیز می‌نامند.	اصطکاک مایعی لایهٔ روغن اصطکاک مایعی
اما آیا در حالتی که اصطکاک مایعی کامل حاکم می‌شود بین سطوح لغزشی یاتاقان و زبانهٔ یاتاقان سائیدگی ایجاد می‌گردد؟ بله یا خیر؟ در حالت .... به‌علت غوطه‌ور شدن زبانهٔ یاتاقان در روغن، اصطکاک و سائیدگی یاتاقان تا میزان حداقل شدیداً کاهش می‌یابد.	خیر اصطکاک مایعی - کامل
 شکل بالا تصویر یاتاقانی را نشان می‌دهد که در حالت .... قرار دارد زیرا در اثر روغن‌کاری زبانهٔ یاتاقان را ضخامتی از .... می‌پوشاند و بدین ترتیب زبانهٔ یاتاقان در روغن غوطه‌ور می‌شود که البته این عمل از طریق یک شیار (A) که در پوستهٔ یاتاقان وجود دارد انجام می‌گیرد به‌طوری که روغن از این طریق وارد یاتاقان می‌شود.	اصطکاک‌مایعی کامل-لایهٔ روغن

 این شکل یک یاتاقانی را نشان می‌دهد که در اثر عمل روغن‌کاری سائیدگی یاتاقان تا میزان حداقل کاهش یافته است. در این یاتاقان، زبانهٔ یاتاقان در روغن غوطه‌ور شده و در یاتاقان حالت ... حاکم شده است. همان‌طور که در شکل نیز مشاهده می‌شود روغن یا گریس می‌تواند از طریق ... به داخل پوستهٔ یاتاقان وارد شود.	اصطکاک مایعی کامل - شیار
 همچنین در این پوستهٔ یاتاقان نیز یک ... وجود دارد که از طریق آن روغن در بین حدفاصل سطوح لغزشی پوستهٔ یاتاقان و زبانه قرار می‌گیرد. در این یاتاقان نیز حالت ... وجود دارد زیرا میزان قابلیت چسبندگی فیلم روغن و به سطوح لغزشی زیاد می‌باشد و زبانهٔ یاتاقان را ضخامتی از فیلم روغن در بر می‌گیرد و آن را در روغن غوطه‌ور می‌سازد که البته همین نفوذ روغن و در نتیجه به‌وجود آمدن فاصله در بین سطوح لغزشی باعث کاهش خوردگی و سائیدگی یاتاقان نیز به میزان زیادی می‌شود.	شیار اصطکاک مایعی کامل



فیلم روغن در این یاتاقان قابلیت چسبندگی به سطوح لغزشی را ندارد و در نتیجه در ناحیه‌ای از آن فیلم روغن قطع می‌شود و به علت وجود اصطکاک خشک که ناشی از عدم وجود روغن در بین سطوح لغزشی می‌باشد، در این ناحیه سائیدگی به وجود میآید و بدین ترتیب در اثر ایجاد اصطکاک شدید، یاتاقان دچار خوردگی و سائیدگی می‌شود.

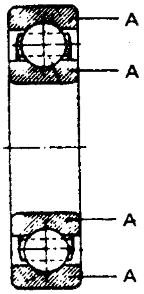
بنابراین یاتاقان‌هایی که دچار سائیدگی می‌شوند، یاتاقان‌هایی هستند که در آنها همیشه هم اصطکاک روان و هم اصطکاک خشک حاکم می‌شود در حالی که در یاتاقان‌هایی که دارای حداقل میزان سائیدگی هستند، به علت ایجاد اصطکاک روان فقط حالت اصطکاک مایعی کامل حاکم می‌شود.



یاتاقان غلتشی

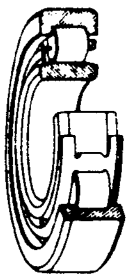
در شکل بالا که تصویر یک .... را نشان می‌دهد، اجسام غلتنده‌ای در فاصلهٔ بین زبانه و پوستهٔ یاتاقان وجود دارند

که این اجسام غلتان دارای فرم کروی شکلی هستند و به علت وجود همین اجسام غلتنده یا به عبارتی ساچمه‌های کروی، این نوع یاتاقان غلتشی را «یاتاقان غلتشی ساچمه کروی» و این اجسام کروی شکل را «بلبرینگ» می‌نامند.



این شکل یک   را نشان‌می‌دهد که‌در آن اجسام غلتنده کروی یا بلبرینگ‌ها در بین دو حلقه یا رینگ داخلی و خارجی (A) قرار دارند.

یاتاقان غلتشی



در شکل بالا که تصویر یک   را نشان می‌دهد، اجسام غلتنده بین دو   دارای حرکت دورانی می‌باشند.

یاتاقان غلتشی - رینگ

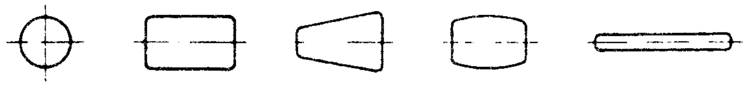
اما آیا در اینجا نیز ساچمه‌ها دارای فرم کروی‌شکلی هستند؟ بله یا خیر؟

خیر

فرم این   کروی نیست و فرم استوانه‌ای شکلی دارد

اجسام غلتنده

که به‌همین علت این نوع ساچمهٔ استوانه‌ای شکل را «رولبرینگ» می‌نامند.



ساچمه به فرم سوزنی (رولبرینگ سوزنی) — ساچمه به فرم شبکه‌ای (روبلینگ شبکه‌ای) — ساچمه به فرم مخروطی (رولبرینگ مخروطی) — ساچمه به فرم استوانه‌ای (رولبرینگ استوانه‌ای) — ساچمه به فرم کروی (بلبرینگ)

در اینجا تصاویر انواع مختلفی از فرم‌های ساچمه‌ها نشان داده می‌شود.

یاتاقان غلتشی بر حسب فرم ساچمه‌هایشان نامگذاری می‌شوند به‌طور مثال یک یاتاقان غلتشی را که فرم ساچمه‌های آن کروی شکل است، یاتاقان غلتشی ساچمه کروی و یا «یاتاقان کروی» می‌نامند و یاتاقانی که فرم ساچمه‌هایش استوانه‌ای شکل است، نامیده می‌شود.

همچنین یاتاقانی که ساچمه‌هایش به‌فرم مخروطی است، و یا و اگر یاتاقان دارای ساچمه‌های شبکه‌ای شکلی باشد، و درصورتی که ساچمه‌ها فرم سوزنی داشته باشند، نامیده می‌شوند.

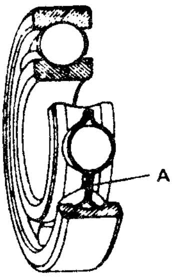
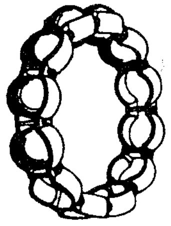
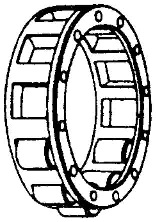
یاتاقان استوانه‌ای -

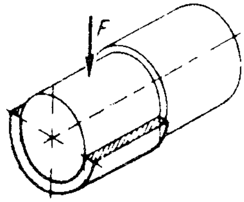
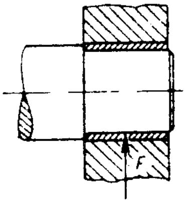
یاتاقان غلتشی -

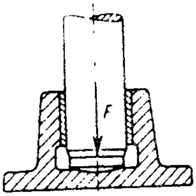
ساچمه مخروطی -

یاتاقان شبکه‌ای -

یاتاقان سوزنی

 در اینجا که تصویر یک نشان داده می‌شود، بلبرینگ‌ها در بین دو رینگ دارای حرکت دورانی هستند و به منظور آنکه نسبت حد فاصل بین بلبرینگ‌ها تغییر نکند و حفظ شود، آنها را در بین یک قفسه (A) نگهداری می‌کنند.	یاتاقان‌کروی
 این شکل یک را نشان می‌دهد که از آن برای نگهداری اجسام غلتندهٔ کروی شکل استفاده می‌شود.	قفسه
 این شکل نیز تصویر یک را نشان می‌دهد که برای	قفسه

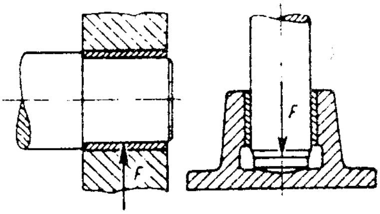
نگهداری رولبرینگ‌های استوانه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ...... همچنین از تماس و برخورد اجسام غلتنده به یکدیگر جلوگیری می‌کند و ساچمه‌ها را در فواصل معینی نسبت به یکدیگر نگه می‌دارد.	قفسه
 در این شکل تصویر یک ...... را نشان می‌دهد، جهت اعمال نیروی بار ...... بر محور زبانهٔ یاتاقان است به عبارتی از آنجائی‌که تاثیر نیروی بار در امتداد شعاع یاتاقان می‌باشد، نیروی بار شعاعی بوده و این نوع یاتاقان را «یاتاقان شعاعی» می‌نامند. بنابراین یک یاتاقان شعاعی، یاتاقانی است که در آن جهت تاثیر نیروی بار ...... بر محور زبانهٔ یاتاقان است.	یاتاقان لغزشی - عمود عمود
 از آنجائی که در این یاتاقان تاثیر نیروی بار در امتداد شعاع زبانهٔ یاتاقان می‌باشد به‌همین علت نیز آن را ...... می‌نامند.	یاتاقان شعاعی



آیا این شکل یک یاتاقان شعاعی را نشان می‌دهد؟
بله یا خیر؟

خیر

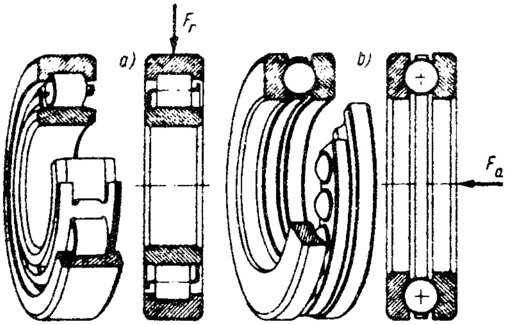
این شکل یک یاتاقان شعاعی نیست زیرا در اینجا تاثیر نیروی بار در امتداد شعاع زبانه یاتاقان نمی‌باشد بلکه در جهت امتداد محور زبانهٔ یاتاقان است که به همین علت این نوع یاتاقان را «یاتاقان محوری» می‌نامند.



شکل سمت چپ تصویر یک ______ و شکل سمت راست تصویر یک ______ را نشان می‌دهد.

یاتاقان شعاعی
یاتاقان محوری

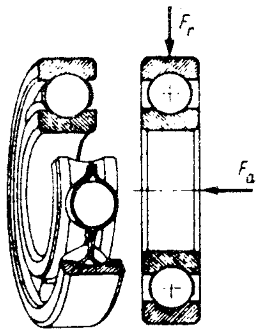
در یاتاقان‌های محوری اثر نیروی بار در جهت امتداد محور زبانهٔ یاتاقان می‌باشد.



در سمت چپ تصویر یک یاتاقان غلتشی نشان داده می‌شود که می‌تواند فقط متحمل بار شعاعی شود (a).

همچنین در سمت راست تصویر یاتاقان غلتشی دیگری نشان داده می‌شود که فقط می‌تواند متحمل بار   گردد (b).

محوری



اما آیا این یاتاقان متحمل چه نوع نیروی باری می‌شود؟

این یاتاقان می‌تواند متحمل بار هم در جهت امتداد محور و هم در جهت امتداد شعاع یاتاقان باشد و به علت آنکه می‌تواند هم بار   و هم بار   را در هر دو جهت تحمل کند، مورد مصرف بیشتری دارد.

شعاعی ـ محوری

«یاتاقان»

یاتاقان جزء قطعه‌ای از ماشین محسوب می‌شود که به منظور حمل و راهنمائی قطعاتی که دارای حرکت دورانی یا نوسانی هستند، به کار می‌رود که البته به‌خصوص برای یاتاقان‌بندی زبانهٔ شافت‌ها و اکسل‌ها بیشتر مورد استفاده دارد.

به‌طور کلی یاتاقان‌ها بر حسب نوع اصطکاک به وجود آمده به انواع   (میزان اصطکاک لغزشی بین یاتاقان و   نسبتاً زیاد است که درصورت استفاده از فیلم روغن در بین سطوح لغزشی و در نتیجه به‌وجود آمدن   میزان آن کاهش می‌یابد) و   (میزان اصطکاک غلتشی اجسام غلتان مانند ساچمه‌های کروی و ساچمه‌های سوزنی در بین رینگ‌های داخلی و خارجی کم می‌باشد) تقسیم می‌شوند.

همچنین می‌توان یاتاقان‌ها را بر اساس نوع جهت تاثیر نیروی بار وارد بر یاتاقان به دو نوع   (تاثیر نیروی بار در جهت عمود بر محور زبانهٔ یاتاقان می‌باشد) و   (تاثیر نیروی بار در جهت امتداد محور زبانهٔ یاتاقان است) تقسیم کرد.

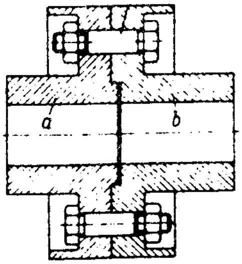
یاتاقان لغزشی - زبانه

اصطکاک روان - یاتاقان غلتشی

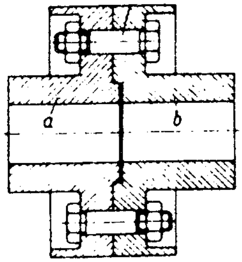
یاتاقان شعاعی

یاتاقان محوری

در شکل بالا که تصویر دو محور را نشان می‌دهد، گشتاور شافت سمت چپ به محور سمت راست منتقل می‌شود به‌طوری که انتقال این گشتاور به کمک کلاچ انجام می‌شود.

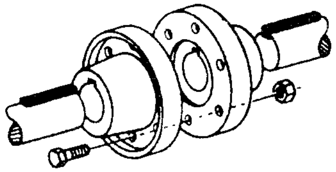


محور — کلاچ‌ها جزو اجزائی از ماشین‌ها محسوب می‌شوند که دو را که در یک امتداد قرار دارند، به یکدیگر متصل می‌کنند و در نتیجه گشتاور از یک محور به محور دیگر منتقل می‌گردد.

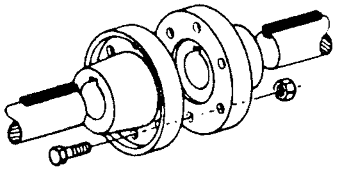
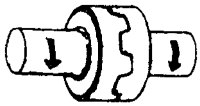


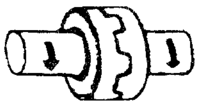
کلاچ — در اینجا تصویر یک نشان داده می‌شود.
این کلاچ می‌تواند دو محور هم امتداد را به یکدیگر متصل کند

و بدین ترتیب سبب انتقال از یک محور به‌محور دیگر شود. این کلاچ که دارای دو صفحهٔ ثابت (a, b) بر روی هر دو محورها هستند، توسط پیچ‌هایی با اتصال فرمی به یکدیگر متصل می‌شوند که این چنین کلاچی را «کلاچ فلانچی» می‌نامند.	گشتاور



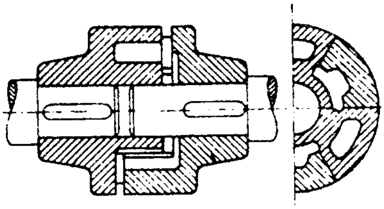
در این شکل یک را نشان می‌دهد، دو روی انتهای محورهایی که دارای اتصال ثابتی هستند، نصب شده‌اند.	کلاچ فلانچی ـ فلانچ
همچنین این فلانچ‌ها توسط پیچ‌هایی با اتصال فرمی به یکدیگر متصل می‌شوند. اما چون گشتاور در این حالت از طریق اتصال فرمی منتقل می‌گردد، این کلاچ به عنوان یک کلاچ فرمی محسوب می‌شود.	
بنابراین یک چنین کلاچ فلانچی نیز یک می‌باشد. اما از آنجائی که محورها در یک امتداد به یکدیگر متصل شده و در واقع به‌صورت یک قطعه در آمدند در نتیجه در هنگام دوران اتصال محورها از یکدیگر جدا نمی‌شود به عبارتی در این نوع کلاچ‌ها، محورها در یک امتداد قرار گرفته، دارای اتصال ثابتی هستند و اتصال آنها در هنگام حرکت قطع نمی‌شود که به‌همین علت این چنین کلاچی، یک «کلاچ ثابت» نامیده	کلاچ فرمی

می‌شود.	
 در شکل بالا تصویر یک .... نشان داده می‌شود. از آنجائی که گشتاور در این حالت از طریق اتصال فرمی منتقل می‌گردد، این کلاچ به‌عنوان یک .... شناخته می‌شود. بنابراین این کلاچ که محورهایش در امتداد هم قرار گرفته و حالت یک‌محور یک‌تکه را پیدا کرده‌اند، یک .... نامیده می‌شود زیرا اتصال در هنگام حرکت قطع نمی‌شود.	کلاچ فلانچی کلاچ اتصال فرمی کلاچ ثابت
 این شکل یک .... را نشان می‌دهد. محورها در این کلاچ از طریق برجستگی و فرورفتگی‌هایی که شکل پنجه را دارد به یکدیگر متصل می‌شوند که به‌همین علت این نوع کلاچ را یک «کلاچ پنجه‌ای» می‌نامند. اما چون در این کلاچ پنجه‌ای، انتقال گشتاور از طریق اتصال فرمی انجام‌می‌گیرد، در نتیجه این‌کلاچ‌پنجه‌ای، یک .... شناخته می‌شود.	کلاچ ثابت کلاچ اتصال فرمی



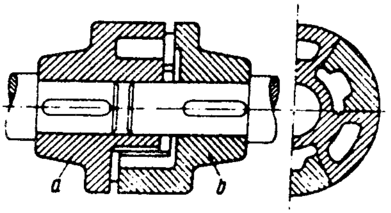
در شکل بالا تصویر یک   نشان داده می‌شود به‌طوری‌که محورها از طریق ۱۲   به یکدیگر متصل می‌شوند.

کلاچ پنجه‌ای - پنجه



تصویر بالا شکل یک   را نشان می‌دهد که در آن محورها از طریق ۶   به‌یکدیگر متصل شده‌اند. به‌عبارتی روی هر محور   وجود دارد به‌طوری که برجستگی‌ها و فرورفتگی‌های یکی از محورها در محور دیگر به‌صورت هم محور در یکدیگر قرار می‌گیرند و بدین ترتیب انبساط طولی محور را نیز که به علت تاثیر گرما ایجاد می‌شود، خنثی می‌کند و به همین علت این نوع کلاچ به عنوان یک کلاچ منبسط‌شوندهٔ طولی شناخته می‌شود.

کلاچ پنجه‌ای - پنجه - سه پنجه

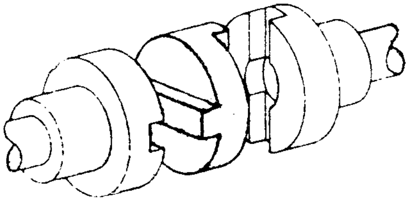


کلاج پنجه‌ای

در این شکل قسمتهای یک   نشان‌داده می‌شود.
از آنجائی که در کلاچ‌های پنجه‌ای، فرورفتگی‌ها و برجستگی‌های هر محور در محور دیگر به‌طور هم محور قرار گرفته و به همین علت نیز انبساط طولی محورها که به علت تاثیر گرما ایجاد می‌شود، خنثی می‌گردد، این نوع کلاچ پنجه‌ای را   می‌نامند.

کلاچ منبسط‌شوندهٔ طولی

اگر قرار باشد تغییرات طولی و عرضی محورها و یا تغییرات شعاعی و محوری محورها خنثی شود، در آن صورت باید از کلاچ‌هایی از نوع «کلاچ اولدهایم» استفاده می‌گردد:



کلاچ اولدهایم

این   از سه‌قطعه تشکیل‌شده است. هرکدام از دو قطعهٔ طرفین دارای یک شیار هستند و قطعهٔ میانی نیز دو

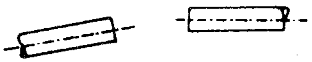
برجستگی باریک در طرفینش وجود دارد که نسبت به هم زاویهٔ ۹۰ درجه‌ای را تشکیل می‌دهند به‌طوری که همین برجستگی‌ها در شیارهای دو قطعهٔ طرفین قرار گرفته و سبب درگیری قطعات را با یکدیگر فراهم می‌سازد.

بنابراین یک .... یک کلاچ ثابت است که در آن اتصال بین هر دو قطعات طرفین که دارای برجستگی باریکی می‌باشند به‌علت درگیری با شیار قطعهٔ میانی ایجاد می‌شود.

همچنین یک کلاچ اولدهایم که کلاچ ثابتی نیز می‌باشد به‌عنوان یک .... شناخته می‌شود.

کلاچ اولدهایم

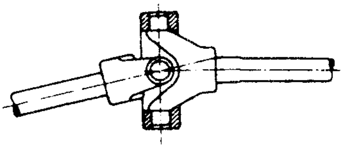
کلاچ اتصال فرمی



این محورها را که در یک امتداد نیستند و تحت زاویه‌ای نسبت به هم قرار گرفته‌اند، می‌توان توسط یک کلاچ به یکدیگر متصل کرد.

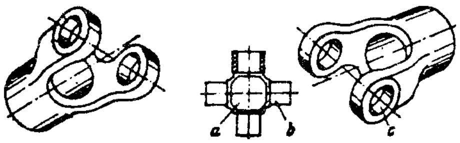
این نوع کلاچ که به صورت مفصلی می‌باشد، «کلاچ مفصلی» نامیده می‌شود که به‌منظور انتقال حرکت در بین محورهایی که نسبت به‌هم دارای .... هستند مورد استفاده قرار می‌گیرد:

زاویه



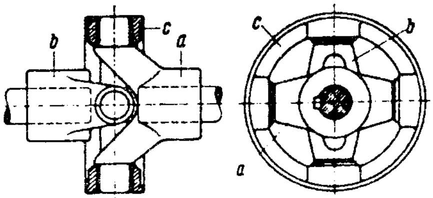
این محورها که نسبت به‌هم دارای زاویهٔ محوری می‌باشند، توسط کلاچی به یکدیگر متصل می‌شوند که این نوع کلاچ را «کلاچ مفصلی صلیبی» نیز می‌نامند.

همچنین کلاچهای مفصلی صلیبی را کلاچهای مفصلی چهارشاخه نیز می‌خوانند.



تصاویر بالا قطعاتی از یک کلاچ مفصلی صلیبی را نشان می‌دهد.

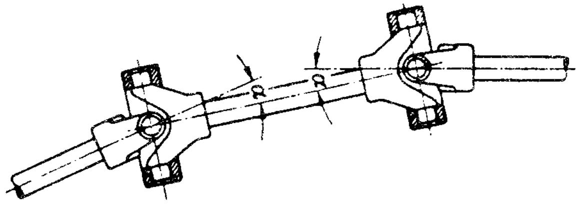
یک مفصل صلیبی می‌تواند از یک چهار شاخهٔ (a) تشکیل شود که دارای چهار عدد پین باشد به‌طوری که پین‌ها در داخل حفره‌های (c) دو قطعهٔ دو شاخه قرار بگیرند.



پاسخ	متن
کلاچ مفصلی صلیبی	شکل بالا تصویر یک .... را نشان می‌دهد که دارای هر دو قطعات دو شاخهٔ (b, a) می‌باشد.
پین	در هر یک از قطعات این کلاچ مفصلی صلیبی دو عدد .... قرار دارد به‌طوری که این پین‌ها به‌صورت چهار شاخه در یک

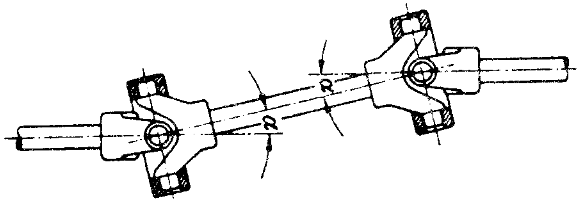
رینگ خارجی (c) قرار می‌گیرند.

همچنین این چنین کلاچ مفصلی صلیبی را «کلاچ گاردنی» نیز می‌نامند.



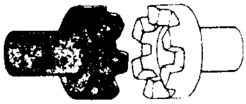
کلاچ گاردنی

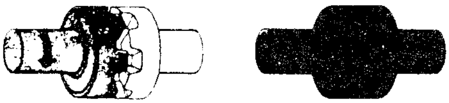
در اینجا محورها توسط دو و یک محور واسطه به‌یکدیگر متصل شده‌اند به‌طوری که محورها نسبت به کلاچ‌های گاردنی تا میزان زاویهٔ ۳۰ درجه خمیدگی پیدا می‌کند و به‌عبارت دیگر دارای زاویهٔ محوری ۳۰ درجه می‌باشد.



همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، اتصال محورها با محور واسطه که توسط دو کلاچ گاردنی انجام می‌شود به‌صورتی است که محورها نسبت به هم در حالت موازی قرار می‌گیرند.

بنابراین به‌طور کلی محورهایی که نسبت به هم در حالت

موازی قرار می‌گیرند می‌توانند توسط و به‌یکدیگر متصل می‌شوند. همچنین کلاچ‌های مفصلی، کلاچ‌های ثابتی هستند که جزو نیز شناخته می‌شوند.	کلاچهای کاردانی - محورهای واسطه - کلاچ‌های اتصالی فرمی
 در این شکل قطعات یک نشان داده می‌شود. قطعهٔ سمت چپ کلاچ روی محور محرک ثابت می‌باشد و قطعهٔ سمت راست کلاچ در امتداد محور متحرک دارای قابلیت حرکت کشوئی می‌باشد به‌طوری که می‌تواند با قطعهٔ دیگر متصل و درگیر و یا از آن جدا شود. این‌چنین کلاچی را به علت دارا بودن چنین خصوصیاتی یک «کلاچ قطع و وصل‌شونده» می‌نامند.	کلاچ پنجه‌ای
 در اینجا تصویر دو قطعهٔ یک نشان داده می‌شود. این کلاچ پنجه‌ای که یک کلاچ قطع و وصل‌شونده می‌باشد به عنوان یک نیز محسوب می‌شود.	کلاچ قطع و وصل شونده کلاچ اتصال فرمی

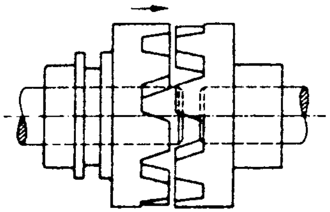


در تصویر سمت چپ اتصال بین قطعات کلاچ وجود ندارد و اتصال کلاچ در حالت   قرار دارد در حالی‌که در تصویر سمت راست قطعات با یکدیگر متصل و درگیر شده‌اند و اتصال کلاچ در حالت وصل قرار دارد.

قطع

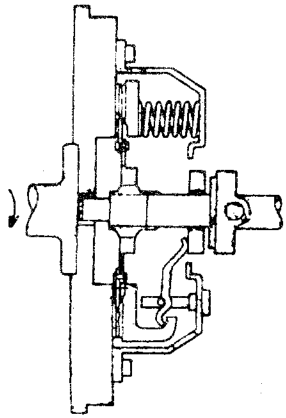
بنابراین در یک   انتقال‌نیرو از طریق محور محرک به محور متحرک فقط در حالتی انجام می‌شود که قطعات کلاچ با یکدیگر درگیر هستند و اتصال کلاچ در حالت وصل قرار دارد.

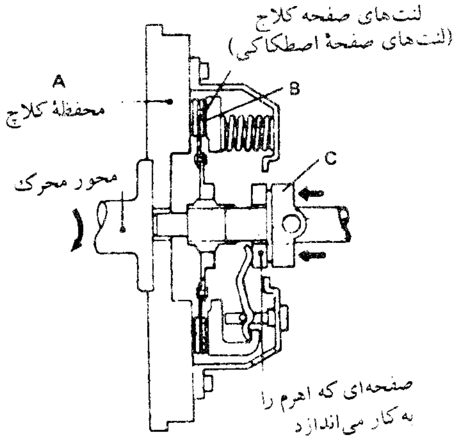
کلاچ قطع و وصل شونده



این تصویر یک   را نشان می‌دهد. در این‌حالت اتصال کلاچ درحالت   نیست و درحالت قطع قرار دارد زیرا انتقال نیرو فقط در صورت اتصال و درگیر شدن آن قطعه‌ای از کلاچ (که روی محور متحرک در امتداد محور خودش قابلیت حرکت کشوئی دارد)، با قطعهٔ دیگر (که

کلاچ قطع و وصل شونده ـ وصل

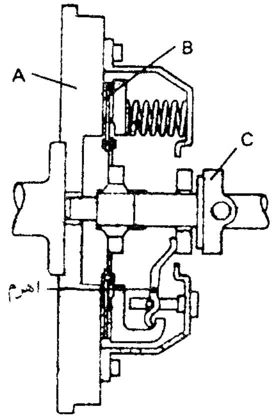
روی محور خود به‌طور ثابت قرار دارد) امکان‌پذیر می‌باشد. بنابراین در صورتی که در هنگام حرکت عمل قطع و وصل اتصال کلاچ انجام شود، این چنین کلاچی را می‌نامند.	کلاچ قطع و وصل شونده
 در شکل بالا تصویر یک «کلاچ تک صفحه‌ای خشک» نشان داده می‌شود. در اینجا گشتاور از قسمت محور سمت به محور سمت منتقل می‌شود و چون محور سمت چپ، محور محرک و محور سمت راست محور متحرک نامیده می‌شود، بنابراین می‌توان گفت که گشتاور از طریق به توسط کلاچ منتقل می‌شود.	چپ ـ راست محور محرک ـ محور متحرک



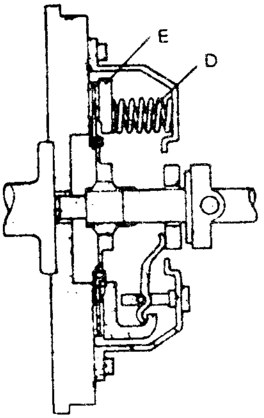
در این شکل تصویر یک کلاج تک صفحه‌ای خشک نشان داده می‌شود.

همان‌طور که در تصویر مشاهده می‌شود محفظهٔ کلاج (A) به‌طور ثابت روی محور محرک قرار دارد و روی محور متحرک نیز صفحه کلاج (صفحهٔ اصطکاکی) B قرار گرفته که در امتداد محور دارای قابلیت جابجائی و لغزش می‌باشد به‌طوری که اتصال اصطکاکی صفحهٔ کلاج B با محفظهٔ کلاج A به علت لغزش غلاف C انجام می‌شود.

حال اگر اتصال کلاج در حالت وصل باشد در آن صورت گشتاور از محور محرک - به محور متحرک منتقل می‌شود که این انتقال گشتاور به‌علت ایجاد اصطکاکی اتصال انجام می‌شود. بنابراین از آنجائی‌که گشتاور به علت اتصال اصطکاکی در کلاج منتقل می‌شود به‌همین علت چنین کلاجی را «کلاج اصطکاکی» می‌نامند.



در اینجا شکل یک نشان داده می‌شود.	کلاچ اصطکاکی
این کلاچ را همچنین «کلاچ قطع و وصل شوندهٔ اصطکاکی» نیز می‌نامند.	تک‌صفحه‌ای خشک
در این کلاچ قطع و وصل شوندهٔ اصطکاکی، A	محفظهٔ کلاچ -
به‌طور ثابت روی قرار دارد و صفحه کلاچ B نیز روی	محور محرک -
در امتداد محور دارای قابلیت لغزش می‌باشد به	محور متحرک
طوری‌که این جابجائی به‌علت لغزش C انجام می‌شود.	غلاف



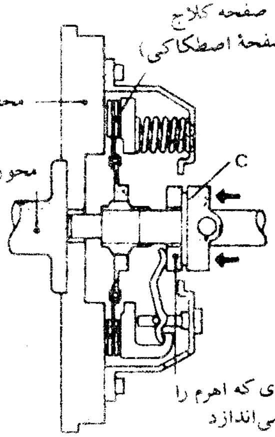
در این تصویر اتصال کلاچ در حالت وصل می‌باشد.

در اینجا فنر فشاردهندهٔ D صفحهٔ فشاردهندهٔ E را پرس می‌کند و با این عمل صفحه کلاچ نیز به محفظهٔ کلاچ فشرده می‌شود که در نتیجه به علت ایجاد اتصال اصطکاکی، گشتاور از به منتقل می‌گردد.

محفظهٔ کلاچ - صفحه کلاچ

بنابراین از آنجائی که گشتاور به علت ایجاد اتصال اصطکاکی در کلاچ منتقل می‌شود، چنین کلاچ قطع و وصل شوندهٔ اصطکاکی را نیز می‌نامند.

کلاچ اتصال اصطکاکی



شکل بالا تصویر یک   را نشان می‌دهد.

اما آیا در این حالت در کلاچ گشتاور منتقل می‌شود؟ بله یا خیر؟

در اینجا اتصال کلاچ در حالت قطع قرار دارد که این عمل قطع اتصال کلاچ توسط   انجام می‌شود بدین ترتیب که بر اثر حرکت اهرم، فنر فشاردهنده جمع شده و در نتیجه صفحه کلاچ از   جدا شده و این عمل سبب قطع اتصال کلاچ و توقف انتقال گشتاور می‌گردد.

اگر چه انتقال گشتاور در کلاچ توسط صفحه کلاچ انجام می‌شود اما از آنجائی که صفحه کلاچ در مواد روغنی مانند روغن یا گریس کار نمی‌کند به همین علت این نوع کلاچ را   می‌نامند.

همچنین   به‌طور مثال در اتومبیل‌ها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

کلاچ اتصال اصطکاکی ـ خیر

غلاف

محفظهٔ کلاچ

کلاچ تک صفحه‌ای خشک

کلاچ‌های تک صفحه‌ای خشک

«کلاچ»

از کلاچ به عنوان وسیله‌ای برای اتصال موقت دو جزء ماشین که اکثراً دو محور هم امتداد می‌تواند باشد و همچنین به منظور انتقال گشتاور از قسمت محور محرک به محور متحرک استفاده می‌شود.

به‌طور کلی کلاچ‌ها انواع مختلفی دارند مانند کلاچ‌های ثابت و کلاچ‌های قطع و وصل‌شونده. کلاچ‌های ثابت کلاچ‌هایی هستند که در آنها انتقال گشتاور مانند کلاچ‌های قطع و وصل‌شونده به‌علت درگیر شدن قطعه‌ای از کلاچ با قطعهٔ دیگر کلاچ ایجاد نمی‌شود و به عبارتی قطع انتقال گشتاور در کلاچ‌های ثابت به‌طور نرمال بر اساس قطع و وصل اتصال کلاچ انجام نمی‌شود و به‌همین علت نیز کلاچ‌های ثابت قابلیت قطع‌ووصل انتقال گشتاور را ندارند و در آنها انتقال گشتاور فقط بین دو محور هم امتداد انجام می‌شود در حالی‌که کلاچ‌های قطع و وصل‌شونده کلاچ‌هایی هستند که در آنها قطع و وصل گشتاور بین محور محرک و متحرک وجود دارد به‌طوری‌که محور متحرک می‌تواند از محور محرک جدا شود و یا به آن اتصال یابد و بدین‌وسیله سبب قطع و وصل انتقال حرکت در این‌گونه کلاچ‌ها گردد. در دسته‌ای از این نوع کلاچ‌ها عمل قطع و وصل انتقال حرکت بدون توقف محور محرک امکان‌پذیر می‌باشد.

در مورد کلاچ‌های ثابت که قابلیت قطع و وصل حرکت بین محور محرک و محور متحرک را ندارد، انتهای هر دو محورهای محرک و متحرک به‌صورت هم امتداد به‌طور ثابت به‌همدیگر متصل می‌شوند اما کلاچ‌هایی که قابلیت تغییر طولی دارند مانند کلاچ‌های پنجه‌ای جزو کلاچ‌های قطع و وصل‌شونده محسوب

می‌گردند و می‌توانند حتی‌الامکان در خنثی کردن اختلاف طولی محورها که بر اثر انبساط ناشی از حرارت در آنها ایجاد می‌شود، تاثیر داشته باشند.	

«انواع یاتاقان‌ها»

از یاتاقان‌ها برای حمل و راهنمایی قطعات متحرک به خصوص در یاتاقان‌بندی زبانهٔ شافت‌ها و اکسل‌ها استفاده می‌شود.

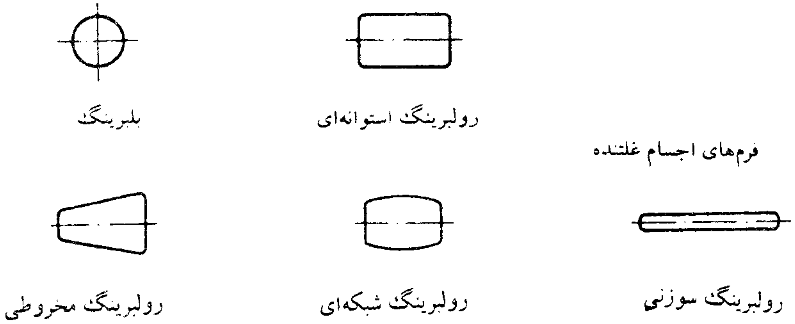
به‌طور کلی یاتاقان‌ها را می‌توان به صورت زیر تقسیم‌بندی کرد:

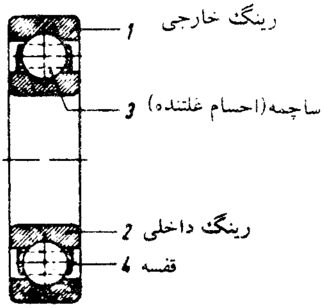
۱. بر حسب نوع حرکت به یاتاقان‌های لغزشی و یاتاقان‌های غلتشی تقسیم می‌شوند به‌طوری که در یاتاقان‌های لغزشی بین یاتاقان و قطعهٔ یاتاقان‌بندی شده یک حرکت لغزشی به‌وجود می‌آید و در یاتاقان‌های غلتشی به علت وجود اجسام غلتنده یک حرکت غلتشی ایجاد می‌شود.

۲. براساس جهت تاثیر نیروی وارد بر یاتاقان به دو گروه یاتاقان شعاعی و یاتاقان محوری طبقه‌بندی می‌شوند.

یاتاقان‌های غلتشی دارای رینگ‌هایی به نام رینگ خارجی (1) و رینگ خارجی (2) می‌باشند و یا دارای پولی‌هایی هستند که در یاتاقان‌های محوری دارای مسیر حرکت ساچمه بوده به‌طوری که در بین آنها اجسام غلتنده (3) می‌غلتند. اکثراً قطعات غلتنده را طوری در داخل قفسه‌ای (4) قرار می‌دهند که از تماس و برخورد آنها به یکدیگر جلوگیری شود و نسبت حدفاصل آنها نسبت به هم حفظ شود.

ساچمه‌ها به فرم‌های کروی (بلبرینگ)، استوانه‌ای (رولبرینگ)، مخروطی (رولبرینگ مخروطی)، بشکه‌ای (رولبرینگ بشکه‌ای) و سوزنی (رولبرینگ سوزنی) ساخته می‌شوند.





همچنین حلقه‌ها، پولی‌ها و قطعات غلتان نیز از جنس فولادی ساخته می‌شوند که میزان آلیاژ کُرُم آن کم است. بدین صورت که دارای $\%1C$، $\%1/5C_2$، (در موارد خاص تا $\%18C_2$) و $\%0/8M_n$ می‌باشد.

قفسه‌ها را که از جنس ورق‌های فولادی یا برنجی ساخته می‌شوند، در یاتاقان‌های کوچک پرس می‌کنند.

در یاتاقان‌های بزرگ قفسه‌ها از فولاد، برنج و یا در یاتاقان‌های سوزنی از فلز سبک ساخته می‌شوند و همچنین در صورتی که بخواهند از بروز سر و صدا جلوگیری شود از مواد مصنوعی استفاده می‌کنند.

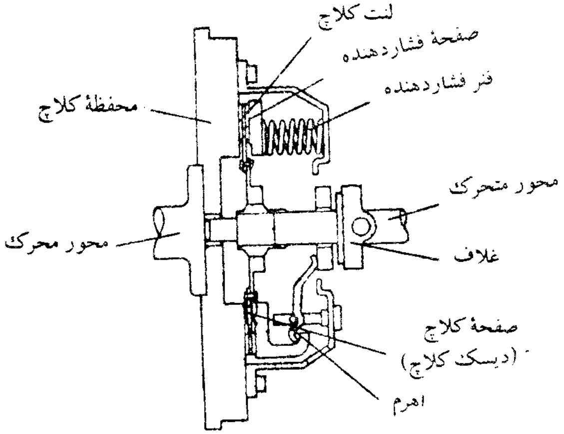
یاتاقان‌های غلتشی از نظر فرم (قطعات غلتنده) به‌صورت انواع زیر دسته‌بندی می‌شوند:

یاتاقان کروی، یاتاقان استوانه‌ای، یاتاقان مخروطی، یاتاقان بشکه‌ای و یاتاقان سوزنی.

این‌گونه یاتاقان‌های غلتشی از نظر فرم ساختمانی انواع مختلفی دارند که اغلب انتخاب یاتاقان‌ها از نظر کاربرد با توجه به خصوصیات آنها در نظر گرفته می‌شود.

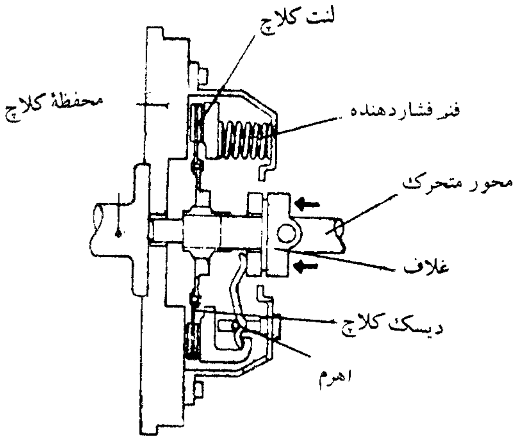
«کلاچ تک‌صفحه‌ای خشک»

در یک کلاچ تک‌صفحه‌ای خشک که در وسایل نقلیهٔ موتوری مانند اتومبیل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، گشتاور توسط لنت‌های کلاچ (لنت‌های اصطکاکی) از هر دو طرف به صفحهٔ کلاچ (دیسک کلاچ) که از جنس ورق فولادی ساخته شده است و در جهت محوری روی محور متحرک کلاچ دارای قابلیت لغزش و جابجائی می‌باشد، منتقل می‌شود. از آنجائی که صفحه کلاچ توسط نیروی فنرهای فشار دهنده بین محفظهٔ کلاچ و صفحهٔ فشاردهنده فشرده می‌شود، در نتیجه یک اتصال اصطکاکی ایجاد می‌شود که این خود سبب انتقال گشتاور از محور محرک به محور متحرک میگردد اما در هنگام قطع انتقال حرکت از آنجایی که غلاف به‌طرف محفظهٔ کلاچ جابجا می‌شود در نتیجه حرکت اهرم سبب می‌شود که صفحه فشاردهنده برخلاف جهت نیروی فنر فشاری از محفظهٔ کلاچ جدا شود. بدین ترتیب در اثر این عمل، اتصال اصطکاکی صفحهٔ کلاچ با محفظهٔ کلاچ قطع می‌شود و باعث قطع انتقال گشتاور از محور محرک به محور متحرک می‌گردد.



کلاچ تک‌صفحه‌ای خشک

(در حالت وصل انتقال حرکت)



کلاج تک‌صفحه‌ای خشک
(در حالت قطع انتقال حرکت)

«یاتاقان لغزشی»
روغن‌کاری و اصطکاک در یاتاقان‌های لغزشی

شرط ایجاد اصطکاک مایعی

یکی از شرایط مهم در مورد ایمنی عملکرد یک یاتاقان لغزشی استفاده از عمل روغن‌کاری در یاتاقان می‌باشد. سطوح لغزشی باید حتی‌الامکان توسط یک لایه‌ای از روغن، به‌عبارتی همان فیلم روغن به‌طور کامل از یکدیگر فاصله بگیرند تا از میزان اصطکاک و استهلاک تا حد زیادی کاسته شود و حالت اصطکاک مایعی در بین سطوح لغزشی حاکم شود.

اما برای رسیدن به این وضعیت مطلوب بر اساس تئوری روغن‌کاری هیدرودینامیکی شرایط زیر لازم‌الاجرا می‌باشد:

۱. شکاف روغن باید در جهت حرکت باریک شود.

۲. سطوح لغزشی باید نسبت به یکدیگر نسبتاً حرکت داشته باشند.

۳. روغن یا گریس باید قابلیت چسبندگی خوبی نسبت به سطوح لغزشی نشان بدهد.

«عملکرد اصطکاکی سطوح لغزشی»

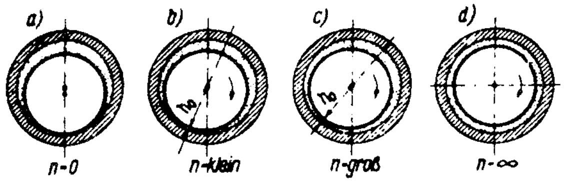
گوهٔ روغن در یک یاتاقان لغزشی شعاعی به علت وضعیت خارج از مرکز بودن زبانه در سوراخ (که به‌دلیل لقی یاتاقان به‌وجود آمده است) ایجاد می‌گردد.

زبانه در حالت توقف تحت تاثیر نیروی یاتاقان F در سوراخ یاتاقان روی قسمت پایین سوراخ قرار می‌گیرد و با آن تماس پیدا می‌کند. در لحظهٔ آغاز حرکت، اصطکاک خشک که آن را اصطکاک جامد نیز می‌نامند حاکم می‌شود زیرا هنوز روغن بین سطوح لغزشی وارد نشده است (میزان ضریب اصطکاک حرکت در حد بالائی قرار دارد!). زبانهٔ در حال دوران می‌خواهد در ابتدا در جهت چرخش مذکور در کنار سوراخ به‌طرف راست بالا برود و در نتیجه سبب می‌شود که روغنی را که به زبانه چسبندگی پیدا کرده است، همراه با خودش ببرد و بدین ترتیب اصطکاک خشک به اصطکاک مخلوط تبدیل گردد. به

عبارتی دیگر سطوح لغزشی توسط لایه‌ای از روغن از یکدیگر فاصله بگیرند.

به‌علت آنکه گوهٔ روغن با افزایش تعداد دوران باز هم وسیع‌تر می‌شود، زبانه با افزایش تعداد دوران مطابق تصویر سمت چپ به طرف بالا تغییر جهت می‌دهد تا اینکه با رسیدن تعداد دوران به حد معینی، زبانه به‌طور کامل بلند می‌شود و به‌علت ورود بدون وقفهٔ فیلم روغن، زبانه از سوراخ فاصله می‌گیرد. فشار روغن در این حالت نیروهای خارجی را متعادل نگه می‌دارد و اصطکاک مایعی حاکم می‌شود در نتیجه وضعیت لغزشی مناسبی به‌وجود می‌آید و اصطکاک یاتاقان به میزان حداقل کاهش پیدا می‌کند.

در صورت ادامهٔ افزایش تعداد دوران، میزان فشار روغن نیز بیشتر می‌شود و در نتیجه زبانه نیز باز هم بالاتر می‌رود و مرکز زبانه (محور زبانه) به مرکز سوراخ بیشتر نزدیک می‌شود یعنی از نظر تئوری در صورتی‌که $n = \infty$ باشد محور زبانه با مرکز سوراخ انطباق پیدا می‌کند. در صورتی‌که $P_m = Const$ باشد، میزان ضریب اصطکاک یاتاقان μ کاهش می‌یابد در حالی‌که این میزان به علت افزایش اصطکاک مایعی داخلی دوباره افزایش می‌یابد. شکل ۱ رابطهٔ بین ضریب اصطکاک μ را با سرعت لغزشی V و همچنین تعداد دوران n در صورت بزرگ یا کوچک بودن میزان بار یاتاقان P_m (شکل b ۱) و نیز غلظت روغن n (شکل c ۱) نشان می‌دهد.

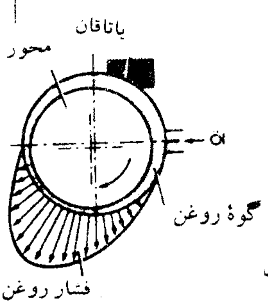


a) اصطکاک خشک

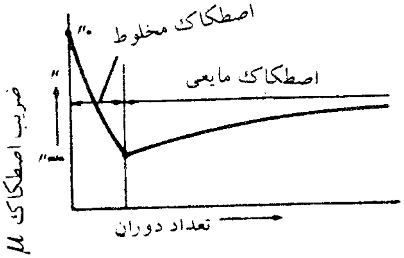
b) اصطکاک مخطوط

c) اصطکاک در صورت رسیدن تعداد دوران به حد معینی

d) اصطکاک مایعی



شکل ۱: تشکیل گوهٔ روغنی هیدرودینامیکی در یاتاقان (یاتاقان شعاعی)



شکل ۲: دیاگرام اصطکاکی

«یاتاقان‌های لغزشی»

به‌طور کلی می‌توان یک یاتاقان را به‌طور خلاصه چنین تعریف کرد: یک یاتاقان وسیله‌ای است که در آن زبانهٔ یاتاقان (که دارای حرکت دورانی می‌باشد و در داخل سوراخ یاتاقان، یاتاقان‌بندی می‌شود) در داخل پوستهٔ یاتاقان (که به‌طور ساکن در داخل بدنه کار گذاشته شده است) دارای حرکت لغزشی می‌باشد.

از نظر وضعیت اصطکاکی می‌توان یاتاقان‌های لغزشی را به دو گروه طبقه‌بندی کرد که یک دسته از آنها یاتاقان‌های لغزشی پلی‌آمیدی هستند که بدون آنکه دچار سائیدگی و استهلاک شوند می‌توانند بدون روغنکاری کار کنند البته مگر آنکه درجه حرارت یاتاقان از حد معینی تجاوز کند که در آن‌صورت سبب

سائیده شدن یاتاقان می‌گردد. به‌طور کلی یاتاقان‌های لغزشی پلی‌آمیدی با وجود حرکت خشک، خاصیت لغزشی خوبی دارند و زبانه یاتاقان توسط لایه‌ای از فیلم روغن پوشانده نمی‌شود و به هیچ وجه در فیلم روغن غوطه‌ور نمی‌شود. اما به‌جز یاتاقان‌های لغزشی پلی‌آمیدی، در دیگر یاتاقان‌های لغزش به‌علت موادروغنکاری، سطوح روئی زبانه روی پوستهٔ یاتاقان می‌لغزد ودر واقع وجودموادروغنی به‌صورت ضخامتی از باعث‌ایجاد می‌شود و درنتیجه‌ازمیزان‌اصطکاک بین سطوح لغزشی کاسته می‌گردد. اما برای آنکه در یاتاقان حالت اصطکاک مایعی کامل ایجاد شود باید میزان فشار در ضخامت آنقدر زیاد شود که نیروی ناشی از بتواند زبانه را بلند کند و آن را در داخل روغن غوطه‌ور سازد. در اکثر یاتاقان‌های لغزشی هیدرودینامیکی، فشار روغن خودش به علت ایجاد گوهٔ روغنی به‌وجود می‌آید. بدین ترتیب که در یاتاقان روغن وارد شده بین زبانهٔ محور و یاتاقان متناسب با افزایش سرعت طوری به قسمت داخل یاتاقان کشیده می‌شود که می‌تواند قطعاتی را که روی یکدیگر می‌لغزند به علت افزایش نیروی فشار روغن به‌طور کامل از یکدیگر جدا سازد.

در اینجا دیاگرام اصطکاکی شکل ۲ نشان می‌دهد که در یک یاتاقان لغزشی هیدرودینامیکی، میزان ضریب اصطکاکی با افزایش تغییر می‌کند به‌طوری‌که در هنگام‌کار یاتاقان به‌علت وجود ضریب حرکت در حد میزان حداکثر خود قرار دارد. (μ_0). اما در ناحیهٔ این میزان تنزل می‌کند و در حالی‌که در این حالت هنوز به‌طور کامل جدائی بین سطوح لغزشی ایجاد نشده است، به‌تدریج از

لایه‌روغن -
اصطکاک مایعی -
فیلم روغن-
فیلم روغن
تعداد دوران
اصطکاک جامد
اصطکاک مخلوط

اصطکاک بین   کاسته می‌شود زیرا
به‌تدریج جانشین   می‌گردد و به‌عبارتی دیگر
اصطکاک جامد تبدیل به اصطکاک مایعی می‌شود. سرانجام در حالت اصطکاک مایعی کامل ضریب اصطکاکی به میزان حداقل خود (μ_{min}) می‌رسد و دوباره میزان ضریب اصطکاکی به سبب وجود اصطکاک داخلی در مایع (که میزانش با افزایش تعداد دوران زیاد می‌شود)، افزایش می‌یابد.

سطوح لغزشی -
اصطکاک مایعی -
اصطکاک جامد

«کلاچ‌ها»

اگر اتصال دو محور هم امتداد موردنظر باشد از کلاچ‌های ثابت و در صورتی که اتصال دور محور کاملاً نسبت به‌هم در یک امتداد نباشند از کلاچ‌های متحرک استفاده می‌شود که این کلاچ‌ها می‌توانند دارای اتصال اِلاستیکی یا غیر اِلاستیکی باشند.

کلاچ‌های متحرک در صورت لزوم می‌توانند سبب قطع و وصل اتصال بین دو محور شوند و همچنین به‌منظور انتقال گشتاور در دیگر اجزاء و قطعات ماشین مورد استفاده قرار گیرند.

علاوه بر این خصوصیات، کلاچ‌ها می‌توانند در صورت افزایش بار سبب قطع اتصالات بین دو کلاچ شوند و در نتیجه قطع انتقال حرکت را فراهم سازند و همچنین در بسیاری از موارد انحراف محوری، شعاعی و زاویه‌ای محورهایی را که نسبت به هم به‌طور جزئی جابجا شده و اتصال آنها در یک امتداد نیستند، خنثی کنند.

به‌طور کلی با توجه به وظایف، کاربرد و خصوصیاتی که کلاچ‌ها می‌توانند داشته باشند، می‌توان کلاچ‌ها را از این نظر تقسیم‌بندی کرد به‌طوری که مثلاً کلاچ‌ها برحسب مورد کاربردشان براساس موقت یا دائم بودن اتصال بین دو محور محرک و متحرک که حرکت را انتقال می‌دهند، به دو نوع کلاچ‌هایی که قابلیت قطع و وصل حرکت را دارند مانند کلاچهای قطع و وصل شونده و کلاچهایی که قابلیت قطع و وصل حرکت را ندارند، تقسیم‌بندی می‌شوند.

«کلاچ‌های متغیری که قابلیت الاستیکی ندارند»

این‌گونه کلاچ‌ها در صورتی کاربرد دارند که محورها نسبت به‌هم در یک امتداد نباشند و در حدی جزئی انحراف محوری، شعاعی یا زاویه‌ای داشته باشند. از آنجائی که این کلاچ‌ها دارای حرکت چرخشی الاستیکی نیستند به‌همین علت نیز گشتاور در آنها مانند گشتاور در کلاچ‌های ثابت منتقل می‌گردد.

«کلاچ‌های قطع و وصل شونده»

کلاچ‌های قطع و وصل شونده که به‌منظور قطع و وصل اتصال بین محور محرک و محور متحرک مورد استفاده قرار می‌گیرند گروه وسیعی از کلاچ‌ها را تشکیل می‌دهند.

این کلاچ‌ها را می‌توان به‌صورت زیر دسته‌بندی کرد:

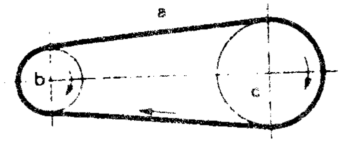
۱. از نظر نوع طرز کار سیستم عمل‌کنندهٔ کلاچ به‌طور مثال: کلاچ‌های قطع و وصل شوندهٔ مکانیکی (که از اهرم دستی برای قطع و وصل حرکت استفاده می‌شود)، کلاچ‌های قطع و وصل شوندهٔ مغناطیسی یا کلاچ‌های قطع و وصل شوندهٔ هیدرولیکی.

۲. از نظر نوع انتقال نیروی حرکت در کلاچ‌های اتصال فرمی (به‌طور مثال مانند کلاچ‌های پنجه‌ای) و در کلاچ‌های اتصال اصطکاکی (به‌طور مثال کلاچ‌های تک‌صفحه‌ای خشک).

۳. از نظر نوع ترکیب ساخت و طرح اتصال در کلاچ‌ها به‌طور مثال: کلاچ‌های پنجه‌ای، کلاچ‌های دنده‌ای، کلاچ‌های صفحه‌ای، کلاچ‌های مغناطیسی و غیره.

فصل سوم

چرخ تسمه‌ها، چرخ زنجیرها و چرخ دنده‌ها



شکل ۱: a) تسمه‌ها (تسمه‌های تخت)
b) چرخ محرک
c) چرخ متحرک

شکل ۲: تسمهٔ تخت چند لایه

«جنس مواد تسمه‌ها»

از آنجایی‌که از چرخ تسمه‌ها به‌عنوان وسیله‌ای برای انتقال حرکت و قدرت بین دو محور با فاصلهٔ محوری زیاد استفاده می‌شود به‌همین علت جنس تسمه‌ها باید دارای خصوصیاتی باشد که از جمله مهمترین خصوصیاتی که جنس تسمه‌ها باید داشته باشد به‌قرار زیر می‌باشد:

خاصیت چسبندگی خوبی بین تسمه‌ها و محورها وجود داشته باشد (میزان ضریب اصطکاکی μ در حد بالائی قرار داشته باشد)، مقاومت جنس تسمه در برابر پارگی زیاد باشد، در حالی که تغییر فرم تسمه در هنگام چرخش کم است، میزان خاصیت الاستیسیتهٔ تسمه زیاد باشد، در مقابل تاثیرات اتمسفری، روغن و حتی‌الامکان نسبت به مواد شیمیائی حساس نباشد.

البته لازم به تذکر است که کلیهٔ این خصوصیات فوق‌الذکر نمی‌تواند به تنهایی در یک تسمه وجود داشته باشد.

از آنجائی که تسمه‌ها از جنس مواد مصنوعی و تسمه‌های چند لایه‌ای موارد مصرف زیادی دارند، به همین جهت ساخت این‌گونه تسمه‌ها تا حد زیادی توسعه پیدا کرده است.

اما موادی که در جنس تسمه‌های تخت مورد مصرف قرار می‌گیرند عبارتند از: ۱.چرم ۲. الیاف ۳. مواد مصنوعی که در زیر به‌شرح آنها می‌پردازیم:

۱. **تسمه‌های چرمی**: استفاده از چرم در این‌گونه تسمه‌ها میزان ضریب اصطکاکی را بالا می‌برد به‌طوری‌که جنس تسمه‌هایی ک از مواد دیگری ساخته می‌شوند، ابداً قابل مقایسه با تسمه‌های چرمی نیستند. تسمه‌های چرمی می‌توانند از مواد گیاهی یا از مواد معدنی کروم (تسمهٔ کرومی) ساخته شوند و مورد استفادهٔ این‌گونه تسمه‌ها این است که در صورت زیاد نبودن میزان تنش از تسمه‌های چرمی که از مواد گیاهی ساخته می‌شوند (شکل ۱) استفاده می‌گردد در حالی که تسمه‌های کرومی استحکام زیادی دارند و از این نوع تسمه‌ها در صورت زیاد بودن رطوبت هوا (۶۰٪) مورد مصرف قرار می‌گیرند.

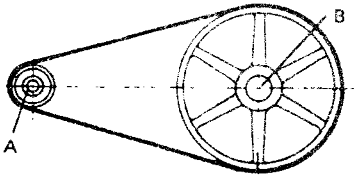
۲. **تسمه‌های الیافی**: این نوع تسمه‌ها از مواد طبیعی یا مصنوعی ساخته می‌شوند به‌طوری که مواد طبیعی می‌توانند از جنس رشته‌های پنبه‌ای و پشمی، موی حیوانات (مانند موی شتر و موی بز)، کنف، ابریشم طبیعی تشکیل شوند و مواد مصنوعی از ابریشم مصنوعی، نایلون و پرلون ساخته شوند.

تسمه‌های الیافی در مقایسه با تسمه‌های چرمی دارای استحکام بیشتری هستند و می‌توان طول تسمه‌های الیافی را بدون محدودیت به هر اندازهٔ دلخواه تولید کرد. همچنین تسمه‌های الیافی آرام و بدون سر و صدا کار می‌کنند. البته کناره‌های تسمه‌های الیافی بسیار حساس است و از آنجائی که پارگی‌های کوچک کناره‌های تسمه می‌تواند اغلب منجر به پارگی تسمه شود به همین علت احتمال پارگی تسمه‌های الیافی به مراتب بیشتر از تسمه‌های چرمی می‌باشد.

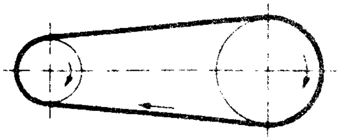
با قرار دادن لایه‌های الیاف بر روی یکدیگر، تسمه‌ها با ضخامت‌های مختلفی ساخته می‌شوند به‌طوری که از طریق دوختن، چسباندن یا با استفاده از لاستیک ولکانیزه شده می‌توان لایه‌ها را به یکدیگر متصل کرد. البته اکثراً از تسمه‌هایی استفاده می‌شود که آنها را «تسمه‌های بالاتا» می‌نامند (مادهٔ بالاتا را از شیرهٔ یک نوع درختی که در آمریکای جنوبی رشد می‌کند، به‌دست می‌آورند و «بالاتا» یک نوع صمغی است که خاصیت چسبندگی الاستیکی دارد و به کمک آن می‌توانند تعداد زیادی از لایه‌های پارچه‌های نخی را که تازده شده‌اند، به یکدیگر بچسبانند). «تسمه‌های بالاتا» دو تا سه برابر

محکم‌تر از تسمه‌های چرمی هستند و برای استفاده در فضاهای خیلی گرم مناسب نمی‌باشند اگر چه نسبت به روغن و بنزین حساس هستند اما در مقابل رطوبت و گرد و غبار غیر حساس می‌باشند.

۳. تسمه‌هایی که از مواد مصنوعی ساخته می‌شوند مانند پلی‌آمید، نایلون و پرلون تسمه‌هایی که فقط از یک مادهٔ مصنوعی ساخته شود، اغلب کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند و اکثراً تسمه‌ها از یک نوار نایلونی طویل (طول آن به هر اندازهٔ دلخواه می‌تواند باشد) ساخته می‌شود که به منظور افزایش ضریب اصطکاکی بالایه‌ای از لاستیک مصنوعی روی آن پوشانده می‌شود. این تسمه‌های چند لایه اغلب بسیار محکم هستند و عملاً بدون انبساط کار می‌کنند و در صورت استفاده از این‌گونه تسمه‌ها، سرعت چرخش تسمه تا ۱۰۰m/s می‌رسد. همچنین این نوع تسمه‌ها دارای قابلیت خمش زیادی هستند و در مقابل تاثیرات اتمسفری غیر حساس می‌باشند.



در این شکل که تصویر یک چرخ را نشان می‌دهد، A محور محرک و B محور متحرک می‌باشد به‌طوری که روی هر دو محور محرک و متحرک چرخ‌ها سوار شده‌اند اما چون هر دو چرخ نیز توسط یک تسمه به یکدیگر متصل می‌شوند بنابراین چنین وسیله‌ای را یک «چرخ تسمه» می‌نامند.



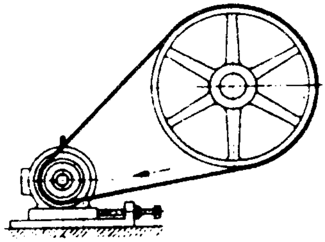
چرخ تسمه

این شکل یک   را نشان می‌دهد.

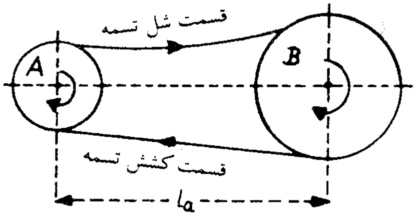
چرخی که روی یک محور سوار می‌شود می‌تواند توسط یک تسمه سبب حرکت چرخ دوم شود.

تسمه

همچنین محورهای محرک و متحرک که توسط یک   به‌یکدیگر متصل می‌شوند می‌توانند به‌طور موازی یا تحت زاویهٔ دلخواهی نسبت به هم قرار بگیرند.

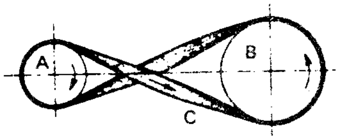


چرخ تسمه	یک دارای چرخی است که به‌علت اصطکاک
	به‌وجود آمده بین چرخ و تسمه می‌تواند گشتاور را بین محورهای
چرخ تسمه	که به‌طور موازی یا تحت زاویهٔ دلخواهی با فاصلهٔ
	زیاد نسبت به‌هم قرار می‌گیرند، منتقل کند.



چرخ تسمه ـ	در این شکل که یک نشان داده می‌شود،
تسمه	چرخ محرک A و چرخ متحرک B توسط یک به
	یکدیگر متصل شده‌اند و تسمه در جهت حرکت عقربهٔ ساعت حرکت می‌کند.
	در این چرخ تسمه کشش تسمه در آن قسمتی از تسمه که در پایین قرار دارد (طرف پایین تسمه) بیشتر از کشش تسمه در سمت بالای تسمه می‌باشد و به همین علت قسمت شُل تسمه در بالای تسمه قرار دارد.

بنابراین در این حالت در چرخ تسمه آن قسمتی از تسمه را که در پایین قرار دارد طرف «باردار» تسمه و آن قسمتی از تسمه را که در بالا قرار دارد طرف «بی‌بار» تسمه می‌نامند.



این تصویر یک چرخ تسمه صلیبی را نشان می‌دهد.

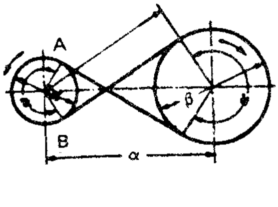
در این حالت چرخ محرک A در جهت حرکت عقربهٔ ساعت و چرخ متحرکت B در جهت خلاف حرکت عقربهٔ ساعت می‌چرخد. به‌عبارتی در واقع چرخ محرک A در جهت خلاف حرکت چرخ متحرک B می‌چرخد.

اما آیا قسمت C در تسمه طرف باردار تسمه است؟ بله یا خیر؟

خیر

قسمت C به دلیل چرخش محور محرک A در جهت حرکت عقربهٔ ساعت تغییر مکان می‌دهد، به‌همین علت C .... تسمه است.

طرف‌باردار (شل)

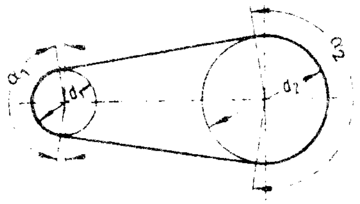


این شکل یک .... را نشان می‌دهد.

چرخ‌تسمهٔ صلیبی

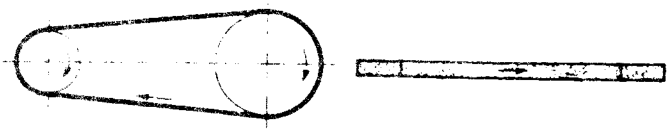
AB قوس تماس روی چرخ محرک می‌باشد که به‌علت درگیری تسمه روی چرخ به‌وجود می‌آید و بدین ترتیب زاویهٔ به‌وجود آمده را نیز زاویهٔ تماس α روی چرخ محرک می‌نامند.

اما آیا β روی چرخ متحرک نیز زاویهٔ تماس نامیده می‌شود؟ بله یا خیر؟	خیر
β به‌هیچ‌وجه زاویهٔ تماس نیست و در اینجا فقط α می‌باشد.	زاویهٔ تماس



چون قوس تماس چرخ در واقع آن قسمتی از روی چرخ است که تسمه آن را در برگرفته است در این صورت همان‌طور که در تصویر نیز مشاهده می‌شود، قوس تماس روی چرخ محرک در واقع همان زاویهٔ α_1 است که آن را زاویهٔ تماس روی چرخ محرک نیز می‌نامند و همچنین قوس تماس روی چرخ متحرک نیز همان زاویهٔ α_2 است که زاویهٔ تماس روی چرخ متحرک نامیده می‌شود.

α_1 روی چرخ محرک و α_2 روی چرخ متحرک برحسب رادیان محاسبه می‌شود.	زاویهٔ تماس - زاویهٔ تماس



در اینجا یک نشان داده می‌شود.	چرخ تسمه
به‌علت آنکه در این ضخامت تسمه کم است	چرخ تسمه

و فرم مقطع تسمه به‌صورت مستطیلی شکل ساخته می‌شود و لبه‌های آن شیب ندارد، در نتیجه این نوع تسمه را «تسمهٔ تخت» می‌نامند.

آیا شکل بالا تصویر فرم مقطع یک تسمهٔ تخت را نشان می‌دهد؟ بله یا خیر؟

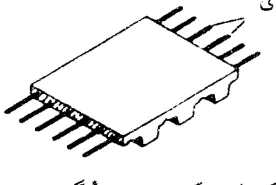
این یک تسمهٔ تخت نیست زیرا ضخامت تسمه نسبتاً زیاد می‌باشد و لبه‌های آن .... ساخته شده است که به‌همین علت این نوع تسمه را «تسمهٔ گوه‌ای» می‌نامند.

تسمه‌های گوه‌ای از نوع تسمه‌هایی می‌باشند که از جنس لاستیک ساخته شده، دارای فرم پروفیل ذوزنقه‌ای هستند و به‌طور کلی ضخامت تسمه‌های ذوزنقه‌ای بیشتر از ضخامت .... است.

خیر

شیب‌دار

تسمه‌های تخت

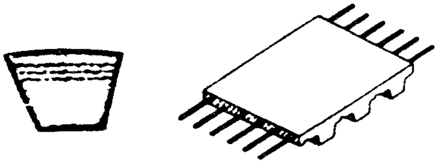


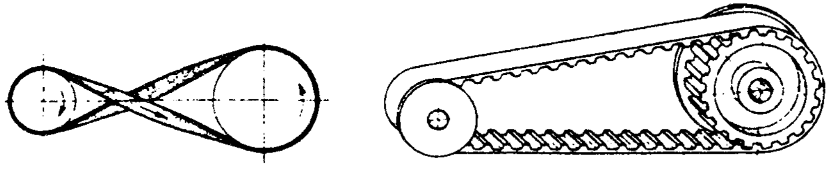
آیا این شکل یک تسمهٔ گوه‌ای را نشان می‌دهد؟ بله یا خیر؟

این یک تسمهٔ گوه‌ای نیست زیرا فرم پروفیل این تسمه ذوزنقه‌ای نمی‌باشد چون روی قسمت داخلی تسمه دندانه‌هایی وجود دارد که این .... می‌تواند داخل شیارهای

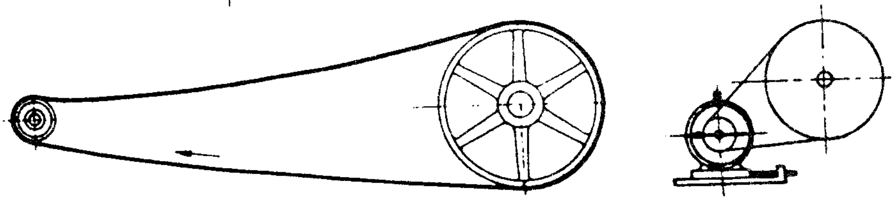
خیر

دندانه‌های تسمه

چرخ‌ها درگیر شود به همین جهت چنین تسمه‌ای را «تسمهٔ دندانه‌دار» می‌نامند.	
 در شکل سمت چپ فرم پروفیل یک نشان داده می‌شود و شکل سمت راست تصویر یک را نشان می‌دهد. در تسمه‌های گوه‌ای نیروی گشتاور به علت ایجاد اتصال اصطکاکی منتقل می‌گردد در حالی که در تسمه‌های دندانه‌دار انتقال گشتاور به علت ایجاد اتصال فرمی انجام می‌شود که البته در حالت اتصال فرمی میزان لغزش تسمه روی چرخ نسبت به‌حالت اتصال اصطکاکی کمتر می‌باشد.	تسمهٔ ذوزنقه‌ای تسمهٔ دندانه‌دار

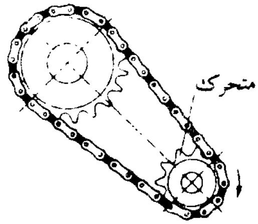


در کدامیک از این چرخ تسمه‌ها میزان لغزش روی چرخ بیشتر است؟ میزان تسمه روی چرخ در چرخ تسمهٔ تخت بیشتر می‌باشد و به‌همین دلیل تسمه روی چرخ بیشتر سُر می‌خورد.	لغزش



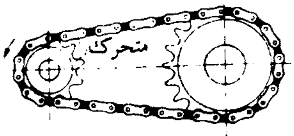
در کدامیک از این چرخ تسمه‌ها میزان لغزش بیشتر است؟
میزان ______ روی چرخ در چرخ تسمهٔ شکل سمت چپ
بیشتر است زیرا تسمه روی چرخ تسمه شُل‌تر است در حالی که
برعکس میزان ______ روی چرخ در چرخ تسمهٔ شکل سمت
راست کمتر است زیرا در این چرخ تسمه در صورت چرخاندن
پیچ می‌توان فاصلهٔ محورها را تغییر داد و در نتیجه نیروی کشش
لازم را در تسمه ایجاد کرد.

لغزش تسمه
لغزش تسمه



در شکل بالاکه تصویر یک چرخ زنجیر را نشان می‌دهد، هر
دو چرخ‌ها که روی محور محرک و محور متحرک سوار شده‌اند،
توسط یک زنجیر به‌هم متصل شده‌اند به‌طوری که ______ در
جهت حرکت عقربهٔ ساعت می‌چرخد و در اثر حرکت چرخ
زنجیر، دنده‌های زنجیر با ______ درگیر می‌شود.

زنجیر
چرخ زنجیر



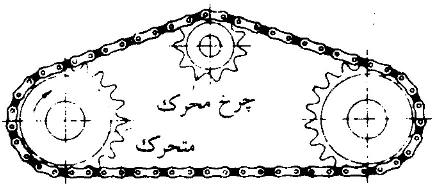
در اینجا تصویر یک .... نشان داده می‌شود.

اما آیا زنجیر در این چرخ زنجیر در جهت حرکت عقربهٔ ساعت حرکت می‌کند؟ بله یا خیر؟

زنجیر در جهت حرکت عقربهٔ ساعت نمی‌چرخد و در جهت خلاف حرکت عقربهٔ ساعت حرکت می‌کند.

چرخ زنجیر

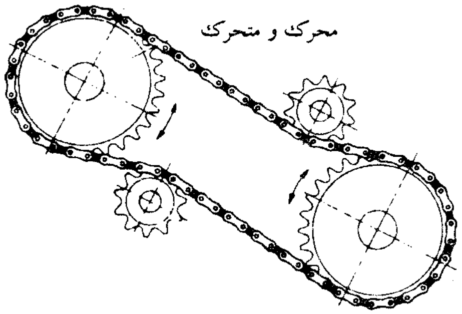
خیر



در این شکل که یک .... را نشان می‌دهد، زنجیر در جهت حرکت عقربهٔ ساعت حرکت می‌کند.

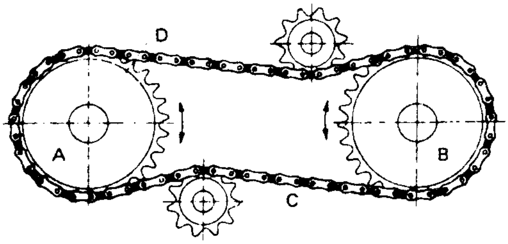
اما چون در این چرخ زنجیر علاوه بر چرخ محرک و چرخ متحرک، چرخ دیگری نیز وجود دارد که سبب حرکت زنجیر می‌شود، این چنین چرخی را نیز «چرخ محرک» می‌نامند.

چرخ زنجیر



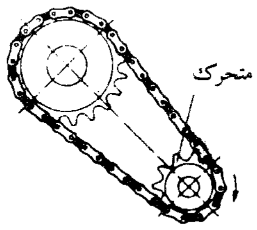
در اینجا شکل یک   نشان داده می‌شود.
زنجیر این چرخ زنجیر می‌تواند هم در جهت حرکت عقربهٔ ساعت و هم برخلاف جهت حرکت عقربهٔ ساعت حرکت کند و همان‌طور که در تصویر نیز مشاهده می‌شود در این چرخ زنجیر علاوه بر چرخ محرک و چرخ متحرک دو چرخ دیگر نیز وجود دارند که سبب حرکت زنجیر می‌شوند که این چرخ‌ها را نیز   می‌نامند.

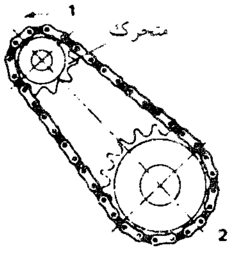
چرخ زنجیر
چرخ‌های محرک



زنجیر این   که توسط دو چرخ محرک حرکت می‌کند می‌تواند هم در جهت   و هم   حرکت کند.

چرخ زنجیر
حرکت عقربهٔ ساعت ـ برخلاف حرکت عقربهٔ ساعت

حال اگر زنجیر در جهت حرکت عقربهٔ ساعت حرکت کند و چرخ A نیز چرخ محرک باشد در آن‌صورت آن قسمتی از تسمه که در شکل بالا با علامت C نشان‌داده می‌شود، طرف .... و آن قسمتی از تسمه که آن را با علامت D نشان می‌دهند، طرف .... محسوب می‌شود و اما درصورتی‌که زنجیر در جهت خلاف حرکت عقربهٔ ساعت حرکت کند در آن صورت آن قسمتی از تسمه که با علامت D نشان داده می‌شود طرف .... و آن قسمتی از تسمه که آن را با علامت D نشان می‌دهند طرف .... محسوب می‌گردد.	باردار تسمه بی‌بار تسمه باردار تسمه بی‌بار تسمه
	
چرخ محرک در این .... به‌طور مثال می‌تواند ۵۰۰بار در هر دقیقه بچرخد. به‌عبارتی تعداد دور این چرخ زنجیر ۵۰۰بار در هر دقیقه است. تعداد دور در واحد زمان (به‌طور مثال در هر دقیقه یا ثانیه) را تعداد دوران چرخ زنجیر نیز می‌نامند.	چرخ زنجیر



چرخ محرک این چرخ زنجیر ۵۰۰بار در هر دقیقه

است که به‌طور خلاصه می‌توان نوشت: $n_1 = 500 \quad 1/min$ و

چرخ متحرک این چرخ زنجیر نیز ۲۵۰ بار در هر دقیقه است که

در نتیجه آن می‌شود:

$n_2 = 250 \quad 1/min$

بنابراین نسبت تعداد دوران n_1 چرخ محرک به تعداد دوران

n_2 چرخ متحرک را نسبت انتقال حرکت i می‌نامند.

تعداد دوران

تعداد دور

تعداد دوران

بنابراین در مورد i معتبر است:

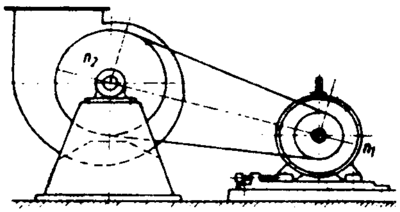
$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

به‌عبارتی i برابر با خارج‌قسمت تعداد دوران

چرخ محرک به‌تعداد دوران چرخ متحرک می‌شود.

نسبت‌انتقال‌حرکت

نسبت‌انتقال‌حرکت



در شکل بالا که تصویر یک دستگاه مکندهٔ هوا نشان داده	
می‌شود چرخ محرک ۱۴۵۰ در هر دقیقه می‌باشد	تعداد دور
یعنی n_1 برابر ۱۴۵۰ در هر دقیقه می‌شود و تعداد	تعداد دوران
دور چرخ محرک نیز ۷۱۰ در هر دقیقه است یعنی n_2	تعداد دوران
نیز برابر ۷۱۰ در هر دقیقه می‌شود.	
بنابراین می‌توان در مورد i نوشت:	نسبت انتقال حرکت

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1450\ 1/min}{710\ 1/min} = 2/04$$

که در نتیجه در این چرخ تسمه 2/04:1	نسبت انتقال حرکت
می‌شود.	
حال اگر به‌طور مثال تعداد دوران چرخ محرک در این چرخ	
تسمه 1000 1/min و تعداد دوران چرخ متحرک نیز 500 1/min	
باشد در آن‌صورت 2:1 می‌شود.	نسبت انتقال حرکت

«چرخ زنجیر»

به‌علت اینکه در مقایسه با چرخ‌دنده‌ها و چرخ‌تسمه‌ها استفاده از چرخ زنجیرها از نظر اقتصادی باصرفه‌تر و مطمئن‌تر می‌باشد به‌همین جهت از چرخ زنجیرها به‌طور همه‌جانبه برای انتقال قدرت استفاده می‌شود که به‌طور مثال از جمله موارد زیر به‌عنوان چند نمونه از موارد مصرف چرخ و زنجیرها به‌شمار می‌روند:

استفاده از چرخ زنجیرها در وسایل نقلیه، ساختمان موتورها، ماشین‌های کشاورزی، ماشینهای ابزار و نساجی، ماشین‌های چوب‌بری، ماشین‌های چاپ و امور حمل و نقل (نقاله‌ها).

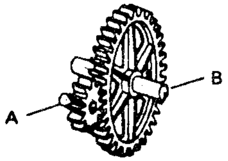
به‌طور کلی می‌توان گفت چرخ زنجیرها از نظر خصوصیاتی مانند هزینهٔ ساخت و قابلیت انتقال قدرت مقام متوسطی را در بین چرخ دنده‌ها و چرخ تسمه‌ها کسب کرده‌اند. از زنجیر در چرخ زنجیر مانند تسمه در چرخ تسمه به‌عنوان وسیله‌ای برای
انتقال حرکت بین دو و حتی‌الامکان افقی که‌دارای | محور موازی
فاصلهٔ محوری زیادی نسبت به‌یکدیگر هستند، استفاده می‌شود.

همچنین در چرخ زنجیرها یک چرخ محرک می‌تواند توسط
چرخ‌های زیادی را در جهت موافق یا مخالفش به | زنجیر
حرکت در بیاورد.

به‌طور کلی مزایای چرخ زنجیرها در مقایسه با چرخ تسمه‌ها این است که انتقال قدرت، در چرخ زنجیرها بدون لغزش بین
چرخ و زنجیر و از طریق انجام می‌شود که‌در نتیجه | اتصال فرمی
در چرخ زنجیرها ثابت است و بار یاتاقان به‌طور | نسبت‌انتقال حرکت

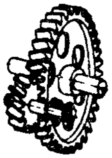
اضافی وجود ندارد. علاوه بر آن چرخ زنجیرها نسبت به حرارت زیاد، رطوبت و کثافت غیرحساس هستند و همچنین چرخ زنجیرها نسبت به چرخ تسمه‌ها با وجود داشتن قدرت یکسان دارای اندازهٔ ساختمان کوچکتری هستند و در واقع فضای کمتری را نسبت به چرخ تسمه‌هایی با همان قدرت اشغال می‌کنند.

اما معایب چرخ زنجیرها در مقایسه با چرخ تسمه‌ها این است که دارای انتقال نیروی غیر الاستیکی می‌باشند و مانند چرخ تسمه‌های صلیبی قادر به انتقال قدرت بین محورهای غیر موازی نیستند. همچنین چرخ زنجیرها نسبت به چرخ تسمه‌های هم قدرتشان با صرف هزینهٔ بیشتری ساخته می‌شوند.



در این شکل که تصویر دو چرخ را نشان می‌دهد، گشتاور از محور A به محور B منتقل می‌شود.

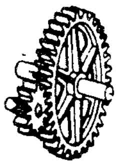
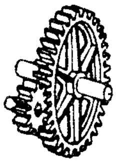
اما چون انتقال حرکت به علت درگیری دنده‌های چرخ‌ها با یکدیگر انجام می‌شود به‌همین علت هر کدام از این چرخ‌ها را یک «چرخ‌دنده» می‌نامند.

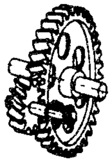


این   از دو محور تشکیل شده‌اند که روی آنها چرخ‌هایی سوارشده است به‌طوری که فرم سطوح روی چرخ‌ها به‌صورت برجستگی‌ها و فرورفتگی‌هایی به‌فرم دنده ساخته شده است و قدرت از یک محور به‌محور دیگر به‌علت همین دنده‌های   که به‌صورت اتصال‌فرمی با یکدیگر درگیر می‌شوند، منتقل می‌گردد.

چرخ‌دنده‌ها

چرخ دنده‌ها

 از آنجایی‌که محورهای این نسبت به‌یکدیگر به‌طور موازی قرار گرفته‌اند و در نتیجه انتقال حرکت به‌علت درگیری دنده‌های این چرخ دنده‌ها بین محورهای موازی انجام می‌شود به‌همین علت چنین چرخ دنده‌هایی را «چرخ دنده‌های پیشانی» می‌نامند.	چرخ دنده‌ها
 در این که در تصویر بالا مشاهده می‌شود فرم امتداد دندانه‌های هر چرخ نسبت به‌محورش به‌طور مستقیم قرار دارد که به همین دلیل این نوع چرخ دنده‌های پیشانی دارای «دنده‌های مستقیم» هستند.	چرخ‌دنده‌های ـ پیشانی

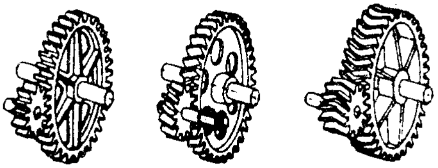


اما آیا این نیز دارای دنده‌های مستقیم هستند؟ بله یا خیر؟

چرخ دنده‌های پیشانی ـ خیر

این دارای دنده‌های مستقیم نیستند و فرم امتداد دندانه‌های هر چرخ نسبت به محورش به‌طور مایل قرار گرفته است که به‌همین علت این نوع دندانه‌ها را «دندانه‌های مایل» می‌نامند.

چرخ دنده‌های پیشانی



در شکل‌های بالا تصویر سه‌فرم مختلف نشان داده می‌شود.

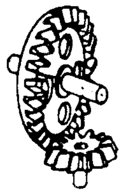
در تصویر A چرخ دنده‌های پیشانی دارای و در تصویر B چرخ دنده‌های پیشانی دارای هستند اما فرم امتداد دندانه‌های چرخ دنده‌های پیشانی در تصویر C جناغی می‌باشد که به‌همین علت این نوع دندانه‌ها را «دندانه‌های جناغی» می‌نامند.

چرخ‌دنده‌های پیشانی

دنده‌های مستقیم ـ دنده‌های مایل

بنابراین در چرخ دنده‌های پیشانی انتقال حرکت بین محورهای .... امکان‌پذیر می‌باشد و انتقال گشتاور می‌تواند در چرخ‌دنده‌های پیشانی به‌علت درگیری .... ، .... و یا .... انجام شود.

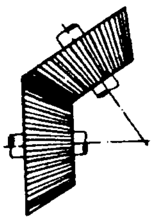
موازی
دنده‌های مستقیم -
دنده‌های مایل -
دنده‌های جناغی

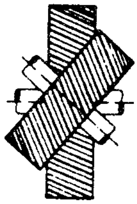


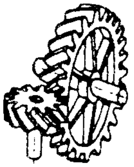
آیا در اینجا نیز چرخ دنده‌های پیشانی نشان داده می‌شود؟ بله یا خیر؟

خیر

این شکل به‌هیچ وجه تصویر چرخ دنده‌های پیشانی را نشان نمی‌دهد زیرا محور محرک با محور متحرک به‌طور موازی قرار نگرفته است و از آنجائی که وضع قرار گرفتن محورها طوری است که امتداد محورها می‌توانند همدیگر را قطع کنند و فرم این چرخ دنده‌ها نیز به‌صورت فرم مخروط ناقص می‌باشد، بنابراین چنین چرخ‌دنده‌هایی را «چرخ دنده‌های مخروطی» می‌نامند.

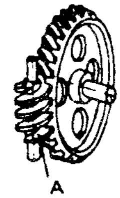


آیا این شکل چرخ دنده‌های مخروطی را نشان می‌دهد؟ بله یا خیر؟ این تصویر چرخ دنده‌های مخروطی را نشان می‌دهد زیرا فرم چرخ دنده‌ها مخروطی است و وضع قرارگرفتن امتداد محورها نیز نسبت به هم متقاطع می‌باشد.	بله
 آیا این شکل چرخ دنده‌های مخروطی را نشان می‌دهد؟ بله یا خیر؟ شکل بالا تصویر چرخ دنده‌های مخروطی را نشان نمی‌دهد زیرا فرم چرخ دنده‌ها مخروطی نیست و محورها به‌طور صلیبی عمود بر هم قرار گرفته‌اند که در نتیجه چنین چرخ دنده‌هایی را «چرخ دنده‌های مارپیچی» می‌نامند. بنابراین چرخ دنده‌های مارپیچی، چرخ دنده‌هایی هستند که دارای .... هستند و امتداد محورهایشان نسبت به‌هم به‌طور .... قرار می‌گیرد.	خیر دنده‌های مایل - صلیبی



در این شکل که .... نشان داده می‌شود، امتداد محورهای چرخ دنده‌ها به‌صورت .... همدیگر را قطع می‌کنند و انتقال گشتاور به علت درگیری چرخ دنده‌ها با یکدیگر انجام می‌شود.

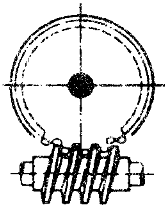
چرخ دنده‌های مارپیچی - صلیبی - دنده‌های مایل



آیا این تصویر چرخ دنده‌های مارپیچی را نشان می‌دهد؟ بله یا خیر؟

خیر

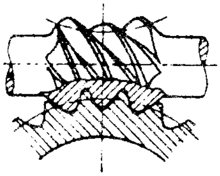
این شکل به‌هیچ وجه تصویر چرخ دنده‌های مارپیچی را نشان نمی‌دهد زیرا انتقال قدرت به‌علت درگیری دنده‌های دو چرخ دنده با یکدیگر انجام نمی‌شود بلکه در این چرخ دنده‌ها قدرت توسط حلزون A منتقل می‌گردد به همین علت چنین چرخ دنده‌ای را «چرخ دندهٔ حلزونی» می‌نامند.



این شکل را نشان می‌دهد که از یک و یک تشکیل شده است.

در اینجا چرخش حلزون سبب حرکت چرخ حلزون می‌شود و محورهای چرخ دندهٔ حلزونی تحت زاویه ۹۰ درجه نسبت به‌هم قرار گرفته‌اند.

چرخ‌دندهٔ حلزونی - حلزون (محور حلزونی) - چرخ حلزون



در شکل بالا که قسمتی از یک نشان داده می‌شود، محورهای چرخ دندهٔ حلزونی تحت زاویهٔ °۹۰ نسبت به‌هم به‌طور صلیبی قرار گرفته‌اند و انتقال گشتاور به‌علت چرخش که در درگیر شده است انجام می‌شود.

چرخ‌دندهٔ حلزونی

محور حلزونی - چرخ حلزون

«چرخ دنده»

انواع و فرم‌های چرخ دنده‌ها

از آنجائی که انتقال حرکت در چرخ دنده‌ها از یک محور به محور دیگر به‌علت اتصال فرمی دنده‌های چرخ دنده‌ها انجام می‌شود به همین دلیل برخلاف چرخ تسمه‌ها و چرخ زنجیرها که عامل انتقال حرکت تسمه و زنجیر هستند، در چرخ دنده‌ها به‌طور مستقیم نیرو و حرکت از یک چرخ دنده به چرخ دندهٔ دیگر منتقل می‌شود.

همان‌طور که قبلاً هم می‌دانستیم، چرخ دنده‌ها می‌توانند به‌صورت یک جفت یا چندین چرخ دنده با یکدیگر درگیر شده و حرکت را منتقل کنند که نسبت تعداد دور چرخ محرک به تعداد دور چرخ متحرک در چرخ دنده‌ها «نسبت انتقال حرکت» نامیده می‌شود به‌طوری که در یک جفت چرخ دندهٔ محرک و متحرک که با یکدیگر درگیر هستند می‌تواند ثابت باشد و یا می‌تواند به‌طور مثال در وسایل نقلیهٔ موتوری و ماشین‌ها ابزار این نسبت انتقال در صورت درگیری چرخ‌دنده‌های مختلف با یکدیگر تغییر کند.

با توجه به طرز قرار گرفتن محورهای چرخ دنده‌ها نسبت به‌یکدیگر می‌توان فرم‌های اصلی چرخ دنده‌ها را به پنج گروه دسته‌بندی کرد که عبارتند از:

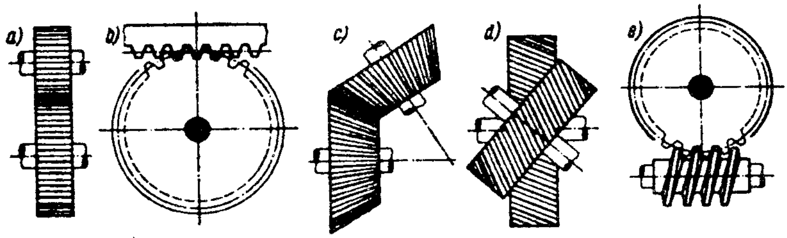
۱. چرخ دنده‌های پیشانی که محورهایشان به‌طور موازی نسبت به‌هم قرار می‌گیرند. (شکل a)

۲. چرخ دندهٔ پیشانی با شانه (چرخ و شانه) که در آن توسط چرخ و شانه حرکت دورانی به حرکت خطی و یا بالعکس تبدیل می‌شود. (شکل b)

۳. چرخ دنده‌های مخروطی که امتداد محورهایشان همدیگر را قطع می‌کنند (شکل c)

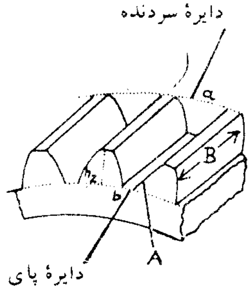
۴. چرخ دنده‌های مارپیچی که امتداد محورهایشان به‌طور صلیبی عمود بر هم قرار می‌گیرند. (شکل d)

۵. چرخ دندهٔ حلزونی که در آن محورهای چرخ دندهٔ حلزونی تحت زاویهٔ ۹۰° درجه به‌طور صلیبی قرار گرفته‌اند. (شکل e)



فرم اصلی چرخ دنده‌ها

a) چرخ دنده‌های پیشانی b) چرخ و شانه c) چرخ دنده‌های مخروطی d) چرخ دنده‌های مارپیچی e) چرخ دندهٔ حلزونی (چرخ حلزون و محور حلزونی)

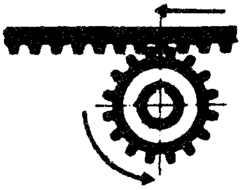


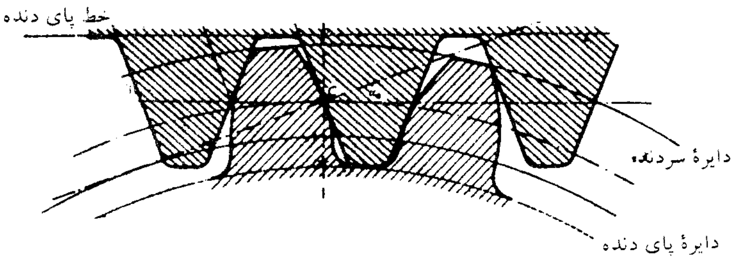
در شکل بالا قسمتی از دندانه‌ای یک‌چرخ‌دنده نشان‌داده‌می‌شود.

همان‌طورکه در شکل مشاهده می‌شود در اینجا سطح پهلوی چپ دنده با علامت A و سطح پهلوی راست دنده که دامنهٔ دنده نیز نامیده می‌شود با علامت B مشخص شده است و همچنین مطابق تصویر خط a دایرهٔ سر دنده و خط b نیز دایرهٔ پای دنده را نشان می‌دهد.

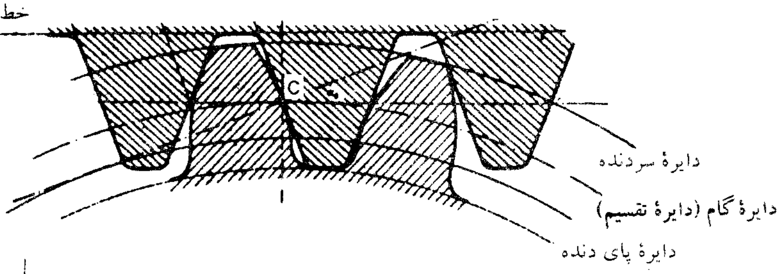
ارتفاع تمام دنده که در واقع همان عمق دنده b_z می‌باشد برابر با فاصلهٔ بین .... تا .... می‌شود.

دایرهٔ سردنده ـ دایرهٔ پای دنده



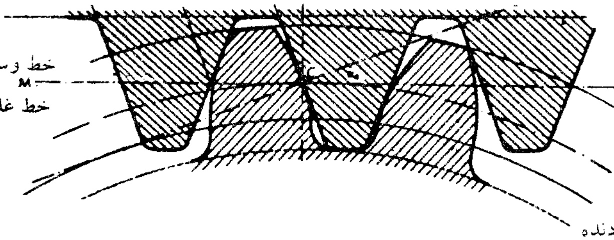


در این چرخ دندهٔ پیشانی و شانه که در تصویر بالا مشاهده می‌شود، دندانه‌های با دندانه‌های درگیر شده است و همان‌طور که در شکل نیز نشان داده می‌شود عمق دندهٔ چرخ برابر با فاصلهٔ بین تا می‌شود و همچنین عمق دندهٔ شانه نیز با فاصلهٔ بین خط سردنده تا برابر می‌گردد.	چرخ ـ شانه دایرهٔ سردنده ـ دایرهٔ پای‌دنده ـ خط پای دنده



در این شکل که دنده‌های چرخ با دنده‌های شانه درگیر شده است، ارتفاع دنده چرخ برابر با فاصلهٔ بین دایرهٔ سر تا دایرهٔ پای دنده می‌شود و ارتفاع دندهٔ شانه نیز با فاصلهٔ بین خط سردنده تا خط پای دنده برابر می‌گردد.

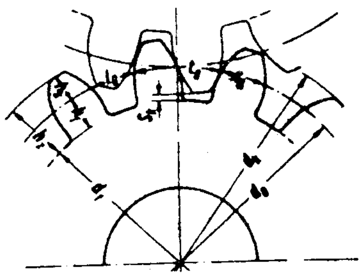
همان‌طور که در تصویر نیز مشاهده می‌شود، سطح پهلوی دندانهٔ چرخ با سطح پهلوی دندانهٔ شانه در نقطهٔ C تماس پیدا می‌کند که نقطهٔ C را «نقطهٔ غلت» نیز می‌نامند و در اینجا چون در نقطهٔ تماس یعنی همان نقطهٔ غلت اندازهٔ سرعت هر دو دندانه با هم برابر می‌شود، در هنگام درگیری هیچ‌گونه لغزشی در سطوح پهلوی دنده‌ها به‌وجود نمی‌آید و سطوح پهلوی دنده‌ها در هنگام درگیری روی یکدیگر می‌غلتند.



در شکل بالا که دندانه‌های چرخ با دندانه‌های شانه درگیر شده است در C سرعت هر دو دندانه‌ها با هم برابر می‌شود. — نقطهٔ غلت

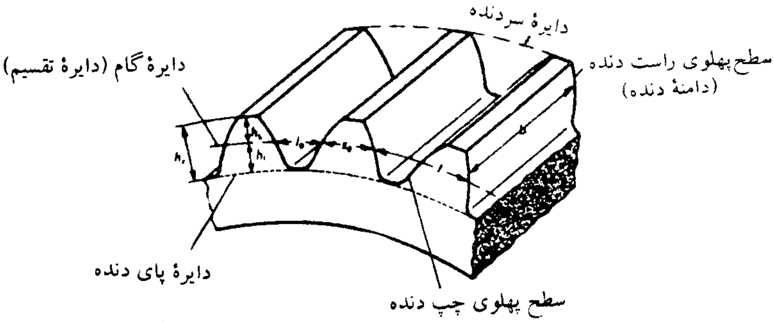
حال اگر مسیر تمام نقطه‌های تماس دندانه‌ها را در هنگام حرکت در نظر بگیریم به‌طوری که کلیهٔ نقاط غلت چرخ دنده را به‌یکدیگر متصل کنیم در آن صورت دایرهٔ غلت به‌دست می‌آید که آن را «دایرهٔ گام» و یا «دایرهٔ تقسیم» نیز می‌نامند.

بنابراین در هنگام حرکت در اثر جابه‌جایی نقاط تماس، نقاط غلت یک چرخ روی دایرهٔ غلت قرار می‌گیرند و تمام شانه نیز روی خط غلت قرار می‌گیرد که در واقع این خط همان خط وسط پروفیل می‌باشد. — نقاط غلت

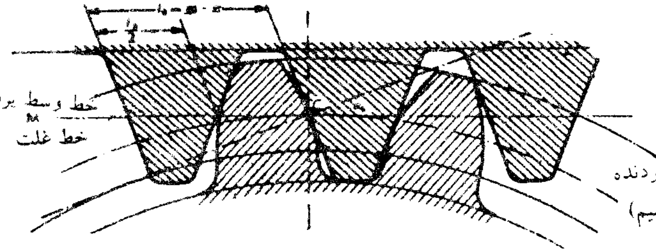


در این شکل که دندانه‌های دو چرخ دنده در هنگام حرکت با

یکدیگر درگیر شده‌اند، چرخ دندهٔ پایینی روی دایرهٔ گام قرار می‌گیرد که قطر آن را «قطر گام» می‌نامند. قطر گام را که با علامت d_0 نشان می‌دهند همچنین «قطر دایرهٔ گام» نیز نامیده می‌شود. همچنین t_0 نیز عبارتست از فاصلهٔ بین سطوح پهلوی دو دندهٔ مجاور که در روی دایرهٔ گام اندازه‌گیری می‌شود. t_0 را که «گام» می‌نامند برابر با مجموع S_0 و L_0 می‌باشد. بنابراین از آنجائی که ضخامت دنده روی دایرهٔ گام را با علامت S_0 و عرض شیار روی دایرهٔ گام را با علامت L_0 نشان می‌دهند بنابراین اندازهٔ t_0 برابر با مجموع یک‌دنده و یک شیار می‌شود.	نقاط غلت گام



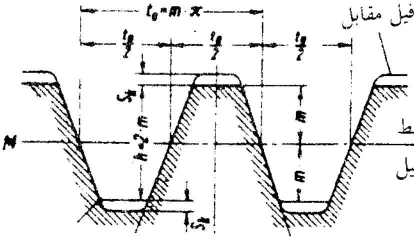
به این علت که عرض شیار L_0 با فاصلهٔ بین سطوح پهلوی دو دندانهٔ مجاور بر روی دایرهٔ تقسیم برابر است و ضخامت دندهٔ S_0 نیز با فاصلهٔ هر دو یک دنده روی برابر می‌باشد درنتیجه t_0 نیز با مجموع ضخامت‌دنده S_0 و عرض شیار L_0 برابر می‌گردد.	سطوح پهلوی - دایرهٔ تقسیم - گام



گام t_0 در یک چرخ دنده از مجموع ضخامت یک دنده و عرض شیار بین سطوح پهلوی دو دندهٔ مجاور روی دایرهٔ گام به‌دست می‌آید که در رابطه زیر چنین بیان می‌شود:

$$t_0 = \frac{d_0 \cdot \pi}{z}$$

در این رابطه d_0 قطر دایرهٔ گام - و z تعداد دنده می‌باشد.



در شکل بالا بر روی تصویر شماتیک قسمتی از دندانه‌های شانه، گام t_0، مدول m و خط وسط پروفیل M نشان داده می‌شود.

همان‌طور که در تصویر نیز مشاهده می‌شود، مدول m با

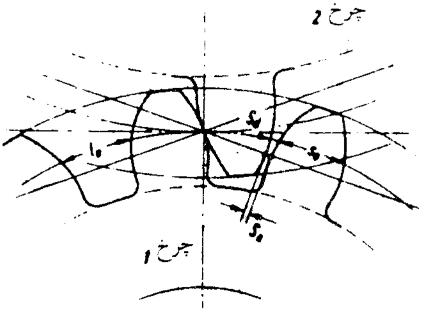
فاصلهٔ بین خط وسط پروفیل و خط دایرهٔ سردنده برابر است و خط وسط پروفیل M با عبور از نقطهٔ C بر شعاع دایرهٔ گام چرخ دنده عمود می‌باشد و بدین ترتیب بنابر رابطه‌ای گام t_0 نیز به‌صورت حاصلضرب مدول m در عدد π بیان می‌گردد.

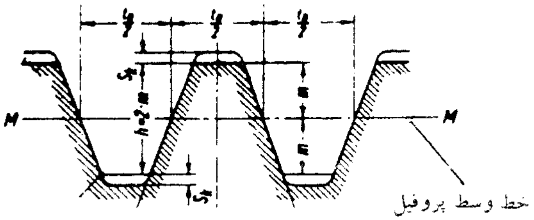
بنابراین صدق می‌کند: $t_0 = \pi . m$

که در این رابطه t_0 گام ـ و m مدول است.

و همچنین معتبر است: $m = \frac{t_0}{\pi}$

بنابراین در این رابطه m مدول با خارج قسمت گام t_0 به‌عدد π برابر می‌شود. پس می‌توان نتیجه‌گیری کرد که m مدول مساوی فاصلهٔ بین نقطهٔ غلت با خط دایرهٔ سردنده می‌شود.





همان‌طور که در شکل نیز مشاهده می‌شود چون عمق یک

دنده شانه مساوی با مجموع عمق سردنده و عمق پای دنده می‌شود و همچنین عمق سردنده شانه = مدول m و عمق پای دنده شانه = مدول m + لقی S_k می‌باشد در نتیجه ارتفاع یک دندهٔ شانه برابر با $2m + S_k$ می‌گردد.

به‌عبارتی دیگر می‌توان نوشت:

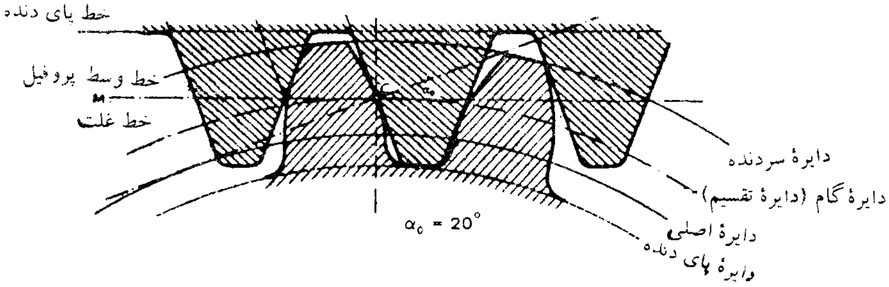
عمق سردنده + عمق پای دنده = عمق دنده

$2m + S_k = m + S_k + m$

که در این رابطه S_k را «لقی» می‌نامند که اندازهٔ آن برابر فاصله‌ای است که اندازهٔ پای دنده یک چرخ از اندازهٔ سر دندهٔ چرخ دیگر می‌تواند داشته باشد.

همچنین .... یا مدول m نیز با خارج‌قسمت قطر دایرهٔ گام d_0 به‌تعداد دندهٔ z برابر است. | عمق سرنده

بنابراین معتبر است: $m = $ ——— | $\frac{d_0}{z}$

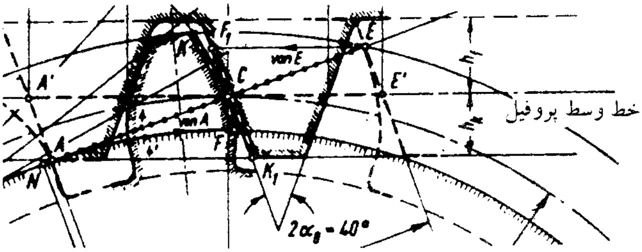


در این‌تصویر که‌دندانه‌های یک .... و .... با یکدیگر درگیر شده‌اند، نقطهٔ C را .... می‌نامند. | چرخ ـ شانه | نقطهٔ غلت

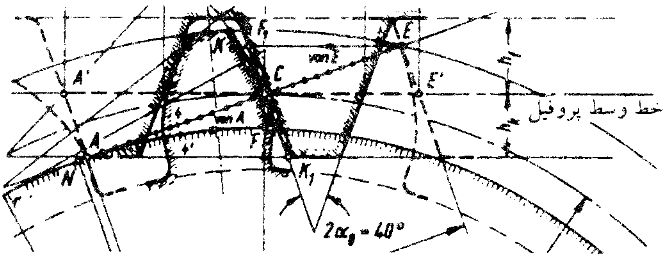
حال اگر بر روی چرخ، خط مستقیم کشیده شود که از نقطهٔ C عبور کرده و عمود بر شعاع دایرهٔ تقسیم قرار بگیرد در آن صورت خط وسط پروفیل M به‌دست می‌آید.

بنابراین .... M در یک چرخ دندهٔ پیشانی و شانه | خط وسط پروفیل

بر روی خط غلت منطبق می‌شود.

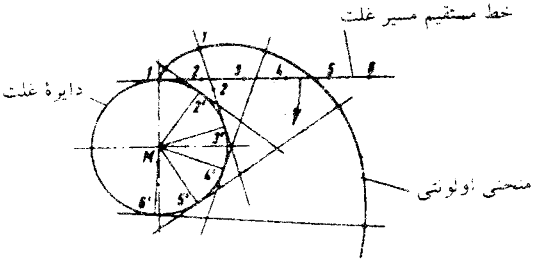


خط وسط پروفیل	در این چرخ و شانه M بر روی خط دایرهٔ گام در نقطهٔ C مماس است و همان‌طور که در شکل نیز مشاهده می‌شود ارتفاع پای دندهٔ شانه با علامت h_f و ارتفاع سردندهٔ شانه با علامت h_k مشخص شده است.
سطح پهلوی سردنده ـ سطح پهلوی پای‌دنده	سطح پهلوی دندهٔ چرخ توسط دایرهٔ گام به دو قسمت تقسیم می‌شودکه‌عبارتنداز CK و CF. سطح پهلوی پای‌دنده در واقع قسمت تحتانی سطح پهلوی دندهٔ چرخ می‌باشد که در فاصلهٔ بین دایرهٔ گام و دایرهٔ اصلی قرار دارد و همچنین سطح پهلوی سردنده نیز در واقع قسمت فوقانی سطح پهلوی دندهٔ چرخ می‌شود که در فاصلهٔ بین دایرهٔ گام و دایرهٔ سردنده قرار می‌گیرد.



خط وسط پروفیل ـ سطح پهلوی سر ـ دنده ـ سطح پهلوی پای دنده

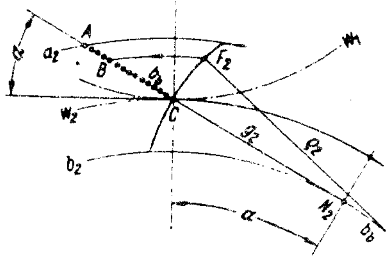
همان‌طور که در تصویر مشاهده می‌شود، M از نقطهٔ غلت C عبور می‌کند به‌طوری که سطح پهلوی دندهٔ چرخ به‌دو قسمت تقسیم می‌شود: CK و CF.



در این منحنی سطح پهلوی سر دنده با سطح پهلوی پای دنده فرم که یک منحنی اِوُلونتی را تشکیل می‌دهند.

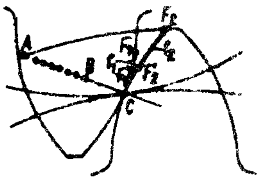
منحنی اِولونتی یک منحنی است که یک نقطه‌ای را روی یک خط مستقیمی توصیف می‌کند به‌طوری که این خط مستقیم روی یک دایره بدون لغزش می‌غلتد. به‌عبارتی دیگر منحنی

اِوُلونتی از غلتیدن یک نقطه‌ای از یک خط مستقیم بر روی یک دایره قابل توصیف می‌باشد.



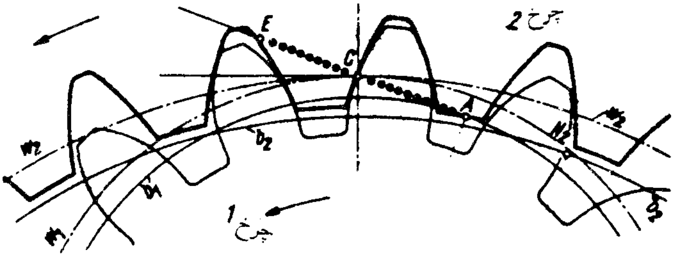
مطابق شکل بالا سطح پهلوی سردنده و سطح پهلوی پای دنده این چرخ دنده با هم یک   را تشکیل داده‌اند که به‌همین علت این نوع دنده‌ها را «دنده‌های اولونتی» می‌نامند.

منحنی اولونتی



در این چرخ دنده‌ها   با   یک   را تشکیل می‌دهند.
به‌طور کلی دنده‌های اولونتی اکثراً در ماشین‌سازی کاربرد دارند.

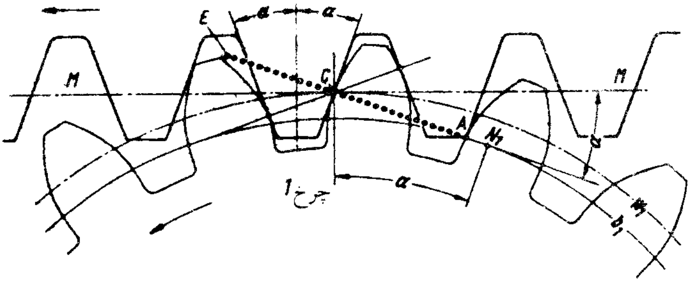
سطح پهلوی سر دنده ـ سطح پهلوی پای‌دنده ـ منحنی اولونتی



منحنی اولونتی

در این شکل که دندههای اولونتی نشان داده می‌شود، سطح پهلوی سردنده و سطح پهلوی پای دنده یک
تشکیل دادهاند.

چون نقطهٔ تماس در اثر درگیری سطوح پهلوی دندهها در حین حرکت تغییر مکان می‌دهد در نتیجه در اثر جابجایی نقطهٔ تماس در ضمن حرکت در طول درگیری یک مسیر نقطه‌چینی (نقاط تماس) تشکیل می‌شود که از نقطهٔ E شروع شده و تا نقطهٔ A خاتمه پیدا می‌کند که فاصلهٔ این دو نقطه را «مسیر درگیری» می‌نامند. به‌عبارتی دیگر به‌علت اتصال کلیهٔ نقاط تماس سطوح پهلوی دندههای یک جفت چرخ دنده خط EA تشکیل می‌شود که در دندههای اولونتی این مسیر درگیری به‌صورت یک خط مستقیم می‌باشد زیرا در ضمت حرکت چرخ دندهها، جابجایی نقاط تماس در طول درگیری یک خط مستقیم را تشکیل می‌دهد.

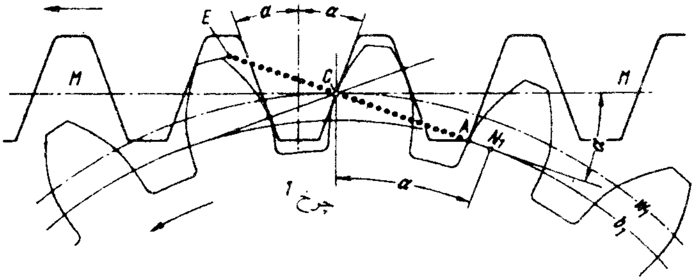


در این زوج چرخ دنده‌ها که دنده‌های شانه با دندانه‌های چرخ دنده درگیر شده‌اند.

آیا این دنده‌ها نیز از نوع دنده‌های اولونتی هستند؟ بله یا خیر؟ | بله

این نوع دنده‌ها را .... می‌نامند زیرا خط درگیری به‌صورت یک خط مستقیم است. | دنده‌های اولونتی

بنابراین چون یک جفت از دنده‌ها در طول مسیر خط EA (از نقطهٔ آغاز درگیری E تا نقطهٔ پایان درگیری A) به‌طور دائم با یکدیگر در تماس هستند، به‌همین جهت به‌خط EA .... می‌گویند. | مسیر درگیری



این زوج دنده‌ها از نوع .... هستند زیرا مسیر .... | دنده‌های اولونتی

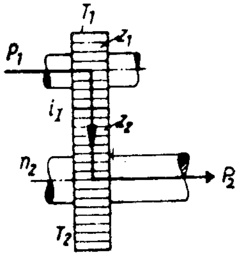
درگیری خط مستقیم است که این مسیر درگیری با خط وسط پروفیل زاویه‌ای را می‌سازد که «زاویهٔ درگیری» α نامیده می‌شود.

α در این چرخ‌شانه ۲۰° است.

بنابراین دنده‌های اولونتی دنده‌هایی هستند که در آنها از به‌هم پیوستن نقاط تماس در طول درگیری .... مستقیمی تشکیل می‌شود.

زاویهٔ درگیری

خطوط درگیری



از این چرخ دنده‌ها به‌منظور انتقال قدرت استفاده می‌شود.

اما آیا میزان توان چرخ محرک برابر توان چرخ متحرک است؟ بله یا خیر؟

خیر

میزان توان خروجی P_2 در چرخ متحرک به اندازهٔ میزان .... P_1 در چرخ محرک نیست زیرا مقداری توان به علت ایجاد اصطکاک تلف می‌شود.

توان ورودی

بنابراین نسبت قدرت خروجی P_2 در چرخ متحرک به قدرت ورودی P_1 در چرخ محرک مساوی با راندمان η می‌شود.

که در نتیجه معتبر است: $\eta = \frac{\quad}{\quad}$

$\frac{P_2}{P_1}$

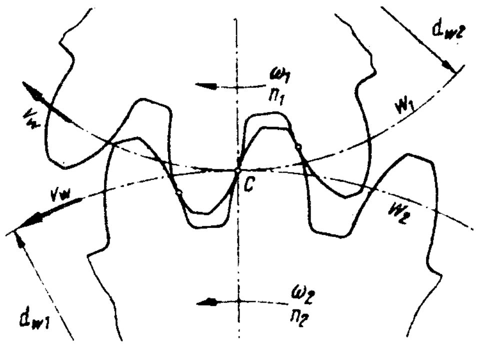
بدین ترتیب در این رابطه η .... ، P_2 .... و P_1 .... می‌باشد.

راندمان ـ قدرت خروجی چرخ متحرک

میزان توان ورودی چرخ محرک P_1 همیشه از میزان

قدرت ورودی چرخ

P_2 می‌باشد که به‌همین علت همیشه میزان η کمتر از ۱ می‌شود.	محرک-توان‌وخروجی چرخ‌متحرک - راندمان



«قانون دنده‌ها»

نسبت انتقال حرکت که به‌طور خلاصه «تبدیل» نیز نامیده می‌شود برابر با نسبت تعداد دوران n_1 چرخ محرک به تعداد دوران n_2 چرخ متحرک می‌شود.

نسبت انتقال حرکت $= i = n_1 / n_2$

بدین ترتیب نسبت انتقال حرکت در صورتی در هر فاز از حرکت دورانی ثابت باقی می‌ماند که سطوح پهلوی دنده‌های زوج چرخ‌ها که باید روی هم حرکت کنند، فرم درستی داشته باشند زیرا سطوح پهلوی هر یک از زوج دنده‌هایی که با یکدیگر درگیر هستند هنگام حرکت در طول درگیری به‌طور مدام در حال تماس با یکدیگر هستند و باید در حالت حرکت روی یکدیگر بغلتند.

همچنین می‌توانیم در ابتدا چرخ‌ها را به‌صورت استوانه‌های غلتانی در نظر بگیریم به‌طوری که استوانهٔ محرک به‌علت ایجاد اصطکاک بتواند استوانهٔ متحرک را بدون لغزش به‌حرکت درآورد یعنی هر دو استوانه‌ها بدون لغزیدن روی یکدیگر بغلتند سپس تصور کنیم که روی این استوانه‌های غلتان برآمدگی و فرورفتگی‌هایی به‌صورت دنده وجود دارد به‌طوری که این سطوح به‌علت ایجاد اصطکاک می‌توانند روی یکدیگر بغلتند و بدین ترتیب حرکت را منتقل کنند. در این صورت سطوح مذکور را که در استوانه‌های غلتان مانند چرخ دنده‌های پیشانی به‌عنوان «سطوح غلت» نامیده می‌شوند، می‌توان

به‌صورت خطوطی ترسیم کرد که در شکل چرخ دنده‌های پیشانی به‌عنوان دوایر غلت W_1 و W_2 مشخص می‌گردند. در این حالت دوایر غلت در نقطهٔ غلت C که روی خط درگیری قرار دارد با یکدیگر تماس پیدا می‌کنند.

از آنجایی که دو دایرهٔ غلت بدون لغزش روی یکدیگر می‌غلتند بنابراین معتبر است:

$$v_w = d_{w1} \cdot \pi \cdot n_1 = d_{w2} \cdot \pi \cdot n_2$$

در رابطهٔ بالا V_w بر حسب m/s سرعت محیطی دایره‌های غلت، d_{w2} و d_{w1} برحسب m قطر دایرهٔ غلت چرخ‌ها و n_2 و n_1 تعداد دوران چرخ‌ها می‌شود.

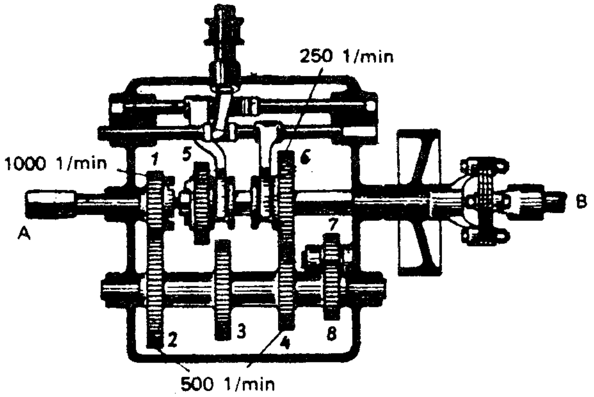
در نتیجه نسبت انتقال حرکت به‌صورت زیر معتبر است:

$$i = n_1 / n_2 = d_{w2} / d_{w1}$$

پس نسبت انتقال حرکت در صورتی ثابت باقی می‌ماند که در حالت نرمال نقطهٔ تماس بین سطوح پهلوی دنده‌های هر دو چرخ دنده‌ای که با یکدیگر درگیر هستند، از نقطهٔ غلت C عبور کند که در این حالت یعنی در حالت درگیری نرمال خط عمود بر خط تانژانت در نقطهٔ غلت روی سطوح پهلوی دنده‌ها قرار می‌گیرد.

بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد:

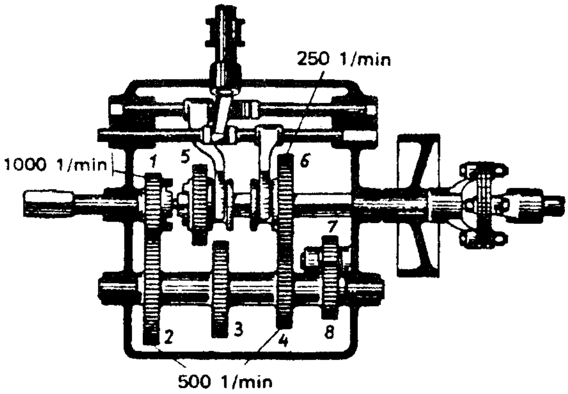
«در حالت نرمال در حین درگیری نقطهٔ تماس سطوح پهلوی دنده‌ها باید همیشه از نقطهٔ غلت C عبود کند.»



در شکل بالا تصویر یک جعبه دنده نشان داده می‌شود که در داخل آن چرخ دنده‌ها به‌طور ثابت یا لغزنده روی محورها قرار گرفته‌اند.

در اینجا A محور محرک و B محور متحرک را نشان می‌دهد.

همچنین محور متحرک را محور اصلی نیز می‌نامند و محوری که روی آن چرخ دنده‌ای شماره‌های ۲ و ۳ و ۴ و ۸ قرار دارند، محور واسطه نامیده می‌شود.



در داخل این .... که‌در شکل بالا مشاهده می‌شود، چرخ دنده‌ها به‌طور ثابت یا لغزنده روی محورهای محرک، متحرک و محور واسطه سوار شده‌اند.

جعبه دنده

به‌محور متحرک که‌روی آن چرخ‌دنده‌های ۵ و ۶ قرار دارند، .... نیز گفته می‌شود.

محور اصلی

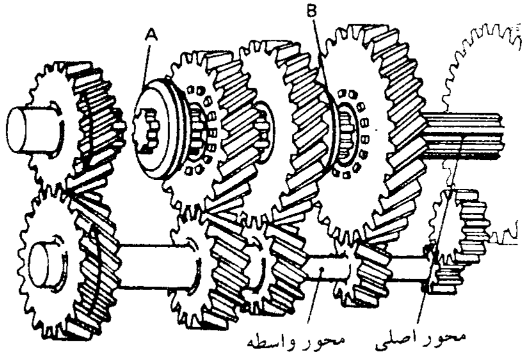
در اینجا انتقال گشتاور در صورتی می‌تواند مستقیماً به .... منتقل شود که اتصال کلاچ بین چرخ دنده‌های ۱ و ۵ در حالت وصل قرار گرفته باشد و اگر اتصال کلاچ در حالت قطع قرار داشته باشد در آن‌صورت انتقال گشتاور فقط از طریق .... انجام می‌شود.

محور اصلی

محور واسطه

بنابراین گشتاور در این چرخ دنده‌ها یا می‌تواند توسط .... و یا از طریق .... منتقل شود.

محور اصلی - محور واسطه

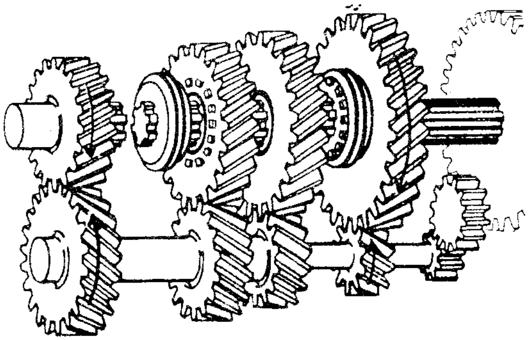


همان‌طور که در تصویر نیز نشان داده می‌شود روی محور اصلی شیارهایی وجود دارد در اینجا چرخ دنده‌ها روی محور اصلی به‌طور لغزان هستند و به‌محور متصل نشده‌اند و به‌عبارتی

چرخ دنده‌ها روی محور اصلی به‌صورت هرزگرد می‌چرخند. همچنین روی محور اصلی دو غلاف (B و A) وجود دارد که دارای .... می‌باشند.

کلاچ

این غلافها که به‌طور ثابت روی محور اصلی قرار گرفته‌اند همراه با محور اصلی می‌چرخند و در امتداد محوری روی محور اصلی دارای قابلیت لغزش و جابه‌جا شدن هستند. بنابراین می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که غلاف‌ها به‌طور ثابت روی محور اصلی قرار گرفته و در امتداد محوری دارای قابلیت لغزش و جابجایی هستند.



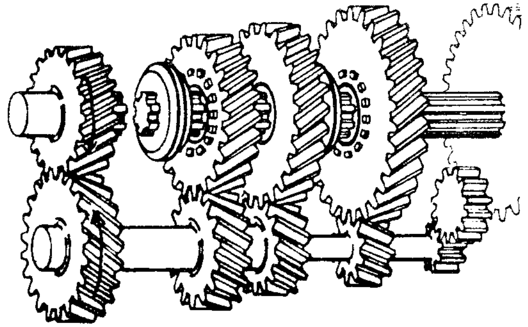
همان‌طور که در تصویر نشان داده می‌شود روی محور اصلی شیار وجود دارد. در اینجا چون چرخ دنده‌ها روی محور اصلی می‌لغزند به‌همین علت آنها را «چرخ دنده‌های لغزشی» می‌نامند.

همچنین در اینجا محور اصلی دارای دو غلاف است که به طور .... قرار گرفته و در امتداد محوری دارای قابلیت لغزش و جابجا شدن می‌باشد که به‌همین علت عمل اتصال

ثابت

به‌سبب حرکت کشوئی غلاف در امتداد محوری انجام می‌شود.
حال اگر نیم کلاچ یک چرخ دنده به نیم کلاچ چرخ دندهٔ دیگر با یک اتصال فرمی متصل شود و اتصال کلاچ در حالت وصل قرار بگیرد در آن صورت گشتاور از طریق چرخ دندهٔ محور محرک به‌چرخ دندهٔ محور اصلی منتقل می‌شود که در این حالت دیگر چرخ دنده روی محور اصلی به‌صورت .... نمی‌چرخد و به‌طور .... روی محور اصلی قرار دارد.

هرزگرد ـ ثابت

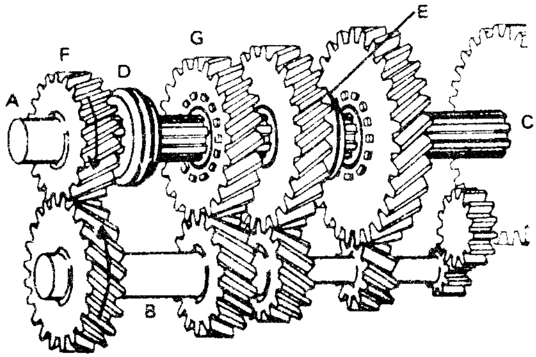


آیا در شکل بالا محورهای واسطه دارای غلاف هستند؟ بله یا خیر؟

خیر

محورهای واسطه دارای غلاف نیستند.

در این حالت چرخ‌دنده‌ها روی‌واسطه ثابت شده‌اند و دارای قابلیت لغزش نیستند به‌طوری که چرخ دنده‌هایی که روی محور واسطه سوار شده‌اند می‌توانند با چرخ دنده‌های ثابت یا لغزشی محور اصلی درگیر شوند.



در این شکل که چرخ دنده‌های ثابت یا لغزان نشان داده می‌شوند، A .... ، B .... ، C .... ، D و E .... هستند.

محور محرک ـ محور واسطه ـ محور اصلی ـ غلاف‌های کلاچ

چون این غلاف‌ها به‌علت حرکت کشویی قادر به‌قطع و وصل اتصال کلاچ هستند، این‌کلاچ‌ها را «کلاچ‌های قطع و وصل‌شونده» می‌نامند.

آیا در اینجا گشتاور از محور محرک به‌محور متحرک از طریق محور واسطه انجام می‌شود؟ بله یا خیر؟

خیر

در اینجا گشتاور از .... به .... مستقیماً منتقل می‌شود زیرا کلاچ قطع‌و وصل‌شوندهٔ D به‌کلاچ چرخ‌دندهٔ F که روی محور محرک قرار گرفته، متصل می‌شود. به‌عبارتی دیگر محور محرک به‌محور اصلی توسط .... D با اتصال فرمی متصل می‌شود که به همین علت به این چنین کلاچی، «کلاچ قطع و وصل‌شوندهٔ فرمی» می‌گویند.

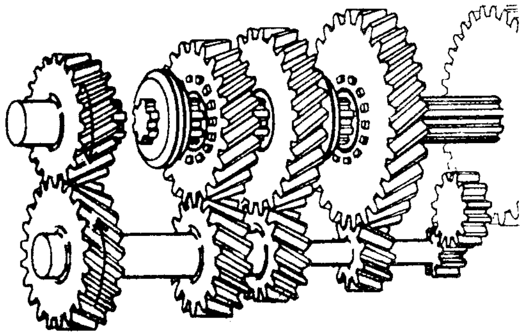
محور محرک ـ محور متحرک

غلاف کلاچ

حال اگر غلاف کلاچ قطع و وصل شوندهٔ D تا حدی به‌طرف راست حرکت کند که این کلاچ به‌چرخ دندهٔ G متصل شود در

آن‌صورت انتقال گشتاور از   به   از طریق
محور واسطه انجام می‌شود.

محور محرک ـ
محور متحرک

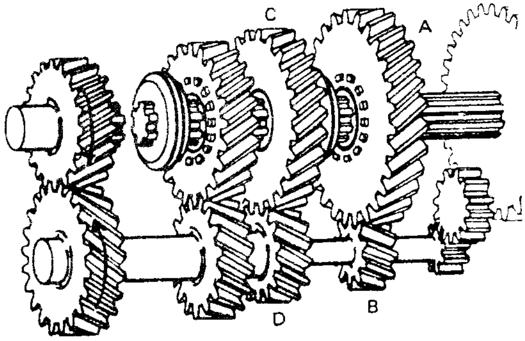


چون در این تصویر تعداد ۵ زوج چرخ‌دنده درگیر با یکدیگر روی محورها سوار شده‌اند، به‌همین دلیل فقط امکان انتخاب ۵ عده دوران روی محور وجود دارد. زیرا تعداد دورها با تعداد زوج چرخ دنده‌های درگیر متناسب می‌باشد.

در این‌شکل تعداد ۵ زوج   همان‌طورکه در اتومبیلها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد، با یکدیگر هستند که چهار تا چرخ دنده به‌عنوان چرخ دندهٔ حرکت جلو و یک چرخ دندهٔ دیگر به‌عنوان   شناخته می‌شود.

دنده

چرخ‌دندهٔ حرکت
عقب



آیا نسبت انتقال حرکت در تمام چرخ دنده‌ها با هم برابر است؟ بله یا خیر؟

خیر

نسبت انتقال حرکت در تمام چرخ‌دنده‌ها با هم برابر نیست زیرا اندازهٔ چرخ دنده‌هایی که روی محور واسطه و محور اصلی قرار دارند با یکدیگر متفاوت هستند به‌طور مثال چرخ دندهٔ A به نسبت ۳/۵ برابر بزرگتر از چرخ دندهٔ B است که با آن درگیر می‌باشد و روی محرو واسطه قرارگرفته است که به همین علت نیز چرخ دندهٔ A ۳/۵ برابر کندتر از چرخ دندهٔ B می‌چرخد. همچنین چون چرخ دندهٔ C به نسبت ۲ برابر بزرگتر از چرخ دندهٔ D است، در نتیجه به‌همان نسبت چرخ دندهٔ C به اندازهٔ نصف سرعت چرخ دندهٔ D می‌چرخد که به‌همین علت .... آنها ۱:۲ می‌شود.

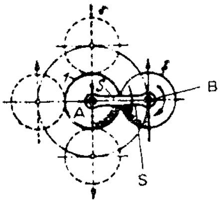
نسبت انتقال‌حرکت

اما آیا در این حالت نسبت انتقال حرکت می‌تواند ۱:۱ باشد؟ بله یا خیر؟

بله

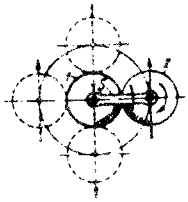
البته نسبت انتقال حرکت در صورتی ۱:۱ می‌شود که گشتاور مستقیماً از .... به .... منتقل شود.

محور محرک - محور اصلی



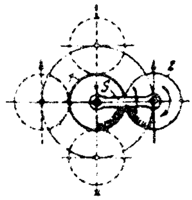
همان‌طورکه در شکل بالا مشاهده می‌شود دو چرخ دندهٔ ۱ و ۲ دارای قطر یکسانی هستند. در این حالت چرخ ۲ به بازوی S متصل شده به‌طوری‌که بازو در قطعهٔ سوار شوندهٔ A در چرخ ۱ یاتاقان‌بندی شده است.

حال اگر نیرویی به نقطهٔ B بازو اثر کند در آن‌صورت چرخ ۲ و بازو S می‌چرخند که در این حالت چرخ ۲ دارای دو حرکت دورانی می‌باشد. به‌عبارتی چرخ ۲ دور خودش و هم دور چرخ ۱ می‌چرخد یعنی در واقع حرکت این چرخ‌دنده به‌صورت یک سیستم سیاره‌ای عمل می‌کند که به همین علت سیستم حرکت این نوع چرخ دندهٔ سیکلوئیدی را «سیستم سیاره‌ای یا اپی‌سیکلیک» می‌نامند و به این چرخ دنده‌ها نیز «چرخ دنده‌های اپی‌سیکلیک» یا «چرخ‌دنده‌های اپی‌سیکلوئیدی» گفته می‌شود که جزو چرخ دنده‌های خارجی محسوب می‌گردند.



در شکل بالا که تصویر نشان داده می‌شود، چرخ دندهٔ ۱ به‌طور ثابت قرار گرفته و در حالی که دور خودش می‌چرخد، به‌طور سیاره‌ای دور چرخ ۱ نیز دوران می‌کند که به همین علت نیز به چرخ ۱، دندهٔ خورشید (چرخ خورشید) و به چرخ دندهٔ ۲، چرخ دندهٔ سیاره‌ای (چرخ سیاره) گفته می‌شود.

چرخ‌دنده‌های اپی‌سیکلوئیدی - چرخ دندهٔ ۲



در این شکل نیز تصویر نشان داده می‌شود که از یک و یک تشکیل شده است.

در اینجا چون قطر دایرهٔ تقسیم هردو چرخ‌دنده‌ها با یکدیگر برابر است به‌همین علت نیز در حالی‌که چرخ دندهٔ سیاره‌ای یک بار دور می‌چرخد، دوبار دور خودش چرخیده

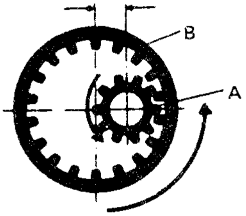
چرخ‌دنده‌های اپی سیکلوئیدی - چرخ دندهٔ‌خورشید-چرخ دندهٔ سیاره‌ای -

چرخ‌دندهٔ‌خورشید

است.

بنابراین نسبت‌انتقال حرکت این ۱:۲ می‌شود. چرخ‌دنده‌های اپی سیکلیک

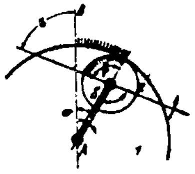
همچنین این چرخ دنده‌های اپی‌سیکلوئیدی را «دستگاه‌های چرخ دنده‌ای مداری» نیز می‌نامند.



این چرخ‌دندهٔ سیکلوئیدی دیگر از نوع چرخ دنده‌های اپی‌سیکلوئیدی نیستند زیرا اگر چرخ دنده‌ها را به‌صورت دو دایر در نظر بگیریم در آن صورت در چرخ دنده‌های اپی‌سیکلوئیدی، یک دایره روی سطح‌خارجی دایرهٔ دیگر حرکت می‌کند در حالی که در اینجا دایرهٔ مذکور در روی سطح داخلی دایرهٔ دیگر می‌چرخد.

بنابراین چون در اینجا چرخ دندهٔ سیاره‌ای A روی سطح یک چرخ تو خالی مانند چرخ‌دندهٔ حلقه‌ای دنده‌های داخلی B حرکت می‌کند در نتیجه به این نوع چرخ دنده‌ها، «چرخ‌دنده‌های هیپوسیکلوئیدی می‌گویند که جزو چرخ دنده‌های داخلی محسوب می‌شوند.

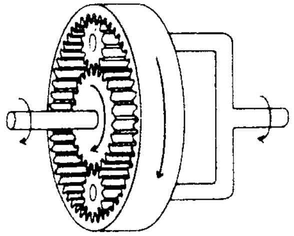
البته چرخ دنده‌های هیپوسیکلوئیدی نیز به عنوان «دستگاه‌های چرخ دنده‌ای مداری» شناخته می‌شوند.



در این‌شکل که‌تصویر شماتیک چرخ دنده‌های هیپوسیکلوئیدی را نشان می‌دهد، یک چرخ‌سیاره روی دنده‌های‌داخلی یک‌چرخ توخالی حرکت می‌کند که در این‌حالت چرخ توخالی به‌طور ثابت قرار گرفته و چرخ سیاره به بازو متصل شده است.

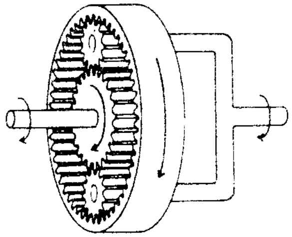
بنابراین چرخ دنده‌های هیپو سیکلوئیدی در اینجا از دو چرخ تشکیل شده‌اند به‌طوری که به چرخ توخالی، «چرخ دندهٔ حلقه‌ای» و یا «چرخ دندهٔ رینگی» و به چرخ دیگر «چرخ دندهٔ سیاره‌ای» گفته می‌شود.

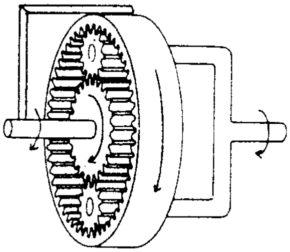
چرخ دنده‌های	
هیپوسیکلوئیدی -	
چرخ توخالی -	
بازو	



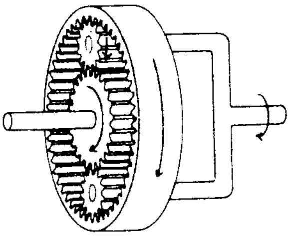
این دستگاه چرخ‌دنده‌ای‌موازی - تشکیل‌شده از یک چرخ‌دنده‌خورشیدی- که دور آن دو چرخ‌دندهٔ‌سیاره‌ای - می‌چرخند.

در اینجا همچنین دنده‌های چرخ‌های سیاره‌ای با دنده‌های چرخ‌دندهٔ رینگی - درگیر شده‌اند و چرخ‌دنده‌های سیاره‌ای توسط

یک به یکدیگر متصل شده‌اند که در این حالت حامل سیاره که به آن نیز گفته می‌شود در حالت متحرک و چرخ‌دندهٔ خورشیدی ثابت می‌باشد.	بازو بازو
 در اینجا جهت حرکت در همان جهت حرکت بازو قرار دارد و همچنین جهت حرکت چرخش چرخ‌های سیاره به‌دور خودشان نیز در جهت حرکت حامل سیاره می‌باشد که در نتیجه باعث می‌شود که چرخ دنده‌های سیاره‌ای، چرخ‌دندهٔ حلقه‌ای را هم با خودشان حرکت دهند و بدین ترتیب جهت حرکت نیز در همان جهت حرکت حامل سیاره قرار می‌گیرد. آیا تعداد دوران بازو با تعداد دوران چرخ دندهٔ حلقه‌ای برابر است؟ بله یا خیر؟ تعداد دوران حامل سیاره با تعداد دوران چرخ‌دندهٔ رینگی برابر نیست و فقط جهت حرکت آنها مشابه یکدیگر می‌باشد.	چرخ‌های سیاره چرخ‌دندهٔ رینگی خیر

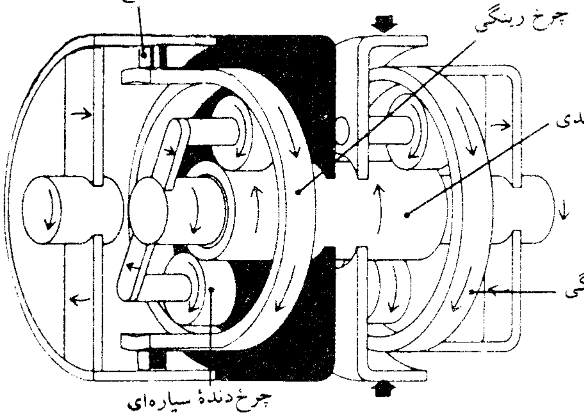


در شکل بالا نیز تصویر یک دستگاه نشان داده می‌شود. حال اگر چرخ‌دندهٔ رینگی و چرخ دندهٔ خورشیدی با اتصال فرمی به یکدیگر متصل شوند در آن‌صورت چرخ دنده‌های سیاره‌ای دیگر نمی‌توانند دور خودشان و همچنین به‌دور چرخ‌دندهٔ خورشیدی بچرخند که در نتیجه بازو و چرخ خورشید به‌طور هم جهت حرکت می‌کنند و آنها نیز با هم برابر می‌شود.	چرخ‌دندهٔ مداری تعداد دوران



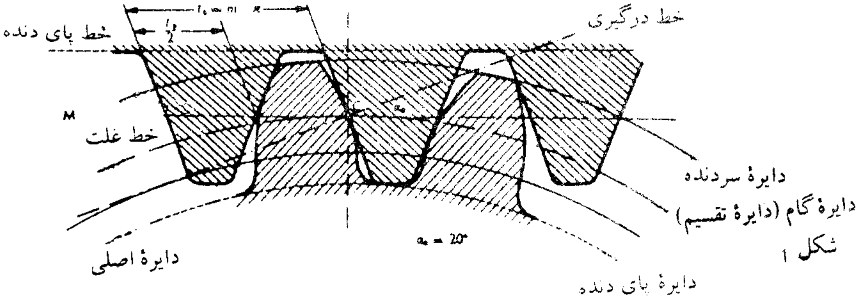
در این حالت که چرخ دندهٔ خورشیدی به‌طور ثابت قرار دارد، آیا چرخ‌دنده‌های سیاره‌ای می‌توانند حرکت غلتشی

داشته باشند؟ بله یا خیر؟	خیر
چرخ‌دنده‌های سیاره‌ای توسط حامل سیاره می‌چرخند و در این حالت چون چرخ خورشید به‌طور ثابت قرار دارد به‌همین دلیل چرخ‌های سیاره می‌توانند داشته باشند.	حرکت غلتشی

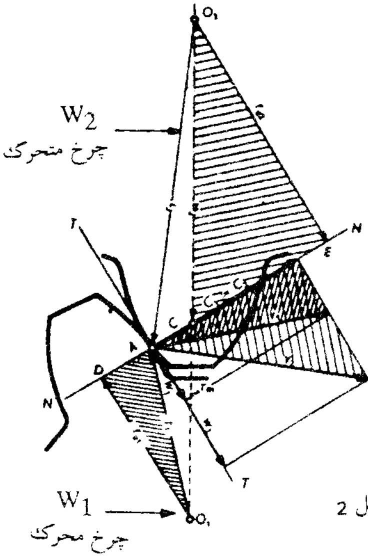


حال اگر دو دستگاه چرخ‌دندهٔ مداری را به‌طور سری به‌هم متصل کنیم در آن‌صورت می‌توان در دومین دستگاه چرخ‌دندهٔ مداری از طریق چرخ دندهٔ خورشیدی که بین هر دو دستگاه چرخ دندهٔ مداری مشترک می‌باشد، حرکت را منتقل کرد که در این صورت بازو در دومین دستگاه چرخ دندهٔ مداری به‌طور ثابت قرار می‌گیرد.	
حال اگر چرخ خورشید در جهت حرکت عقربهٔ ساعت بچرخد در آن صورت چرخ دنده‌های سیاره‌ای در جهت خلاف حرکت عقربهٔ ساعت در حالت غلتیدن می‌چرخند و بدین ترتیب را نیز با خود به‌حرکت در می‌آورند که در	چرخ رینگی

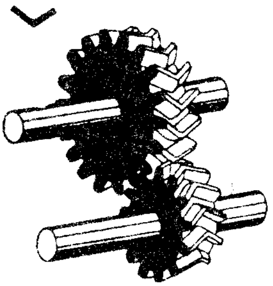
نتیجه در این حالت جهت حرکت دورانی چرخ دندهٔ حلقه‌ای جهت حرکت چرخ دنده‌های سیاره‌ای و جهت حرکت چرخ‌دندهٔ خورشیدی می‌شود و همچنین چرخ خورشید و چرخ حلقه دارای تعداد دوران یکسانی نمی‌باشند. بنابراین در دستگاه‌های چرخ دندهٔ مداری امکان انتقال گشتاور به صورت‌های مختلف و با تعداد دورانهای مختلف وجود دارد.	موافق ـ مخالف



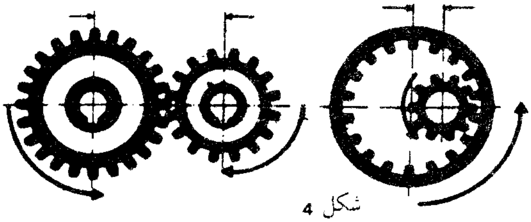
شکل ۱



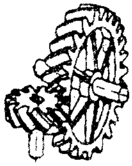
شکل 2



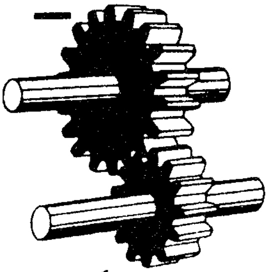
شکل 3



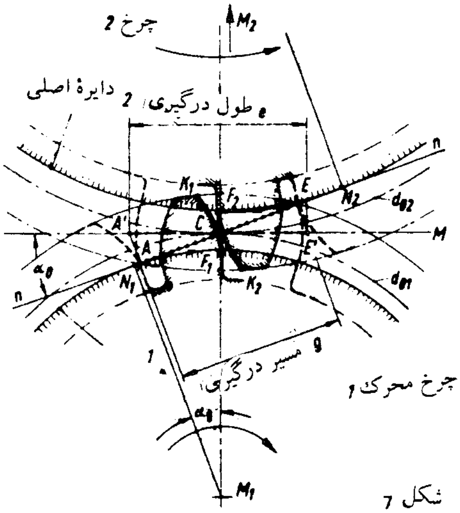
شکل 4



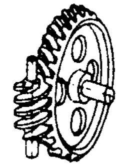
شکل 5



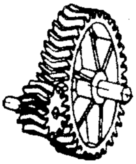
شکل 6



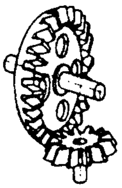
شکل 7



شکل 8



شکل 9



شکل 10

«چرخ دنده‌ها»

چرخ دنده‌ها اجزایی از ماشین هستند که از آنها به‌منظور انتقال حرکت دورانی و گشتاور بین دو محور با فاصلهٔ محوری کم استفاده می‌شود. به‌طور کلی یک چرخ‌دنده را از نظر فرم ظاهری می‌توان به‌صورت یک صفحه دایره‌ای شکلی تصور کرد که دور لبهٔ آن دنده‌کاری شده باشد اما از نظر وضع اتصال محورهای چرخ دنده‌ها باید گفت که وضعیت اتصال هر دو محورهایی که بین آنها انتقال حرکت انجام می‌شود بستگی به فرم اصلی چرخ دنده‌ها دارد. به‌طور مثال برای انتقال حرکت بین محورهای موازی از چرخ دنده‌های پیشانی استفاده می‌شود که فرم اصلی چرخ دنده‌های آنها به‌صورت استوانه‌ای شکل می‌باشد و در سه نوع دندهٔ مختلف ساخته می‌شوند. البته اکثراً در بین چرخ دنده‌های پیشانی با دنده‌های مستقیم، مایل و جناغی بیشتر از چرخ دنده‌هایی استفاده می‌شود که دارای دنده‌های مستقیم هستند. اگر چه این نوع چرخ دنده‌های پیشانی در هنگام کار سروصدا زیادی دارند اما چون دندانه‌های این نوع چرخ دنده‌ها نسبت به محورهایشان به‌طور موازی و مستقیم قرار گرفته‌اند و در واقع دندانه‌ها در امتداد محورها قرار دارند به‌همین علت در چرخ دنده‌های پیشانی با دنده‌های مستقیم لغزش محوری وجود ندارد. در حالی‌که در چرخ دنده‌های پیشانی با دنده‌های مایل که با سروصدای کم کار می‌کنند، بار محوری و لغزش محوری ایجاد می‌شود که البته در چرخ دنده‌های پیشانی با دنده‌های جناغی بار محوری وجود ندارد. البته وضع انتقال گشتاور در دیگر چرخ دنده‌ها با چرخ دنده‌های پیشانی تفاوت دارد به‌طور مثال از چرخ دنده‌های مخروطی برای انتقال حرکت بین محورهای متقاطع و از چرخ دندهٔ حلزونی (چرخ حلزون و محور حلزونی) برای انتقال حرکت بین محورهای عمود بر هم (صلیبی) استفاده می‌شود.

حرکت یکنواخت چرخ دنده‌ها به‌خصوص به فرم سطح پهلوهای دنده‌های چرخ دنده‌های درگیر با هم بستگی دارد به‌طوری که سطح پهلوهای دنده‌ها می‌توانند فرم منحنی سیکلوئیدی یا اولونتی داشته باشد که اکثراً فرم پروفیل دندانه‌ها دارای فرم منحنی اولونتی می‌باشد.

همچنین اکثراً در بیشتر موارد چرخ دنده‌ها به‌روش براده برداری ساخته می‌شود و روش‌های دیگر ندرتاً بدون استفاده از براده برداری مانند روش ریخته‌گری به‌کار می‌رود.

«دنده‌های چرخ دنده‌ها»

همان‌طور که در تصویر شکل ۲ نیز مشاهده می‌شود، سطوح پهلوی دنده‌های دو چرخ دنده‌ای که با یکدیگر درگیر هستند در نقطهٔ تماس A دارای خط تانژانت مشترک TT و در حالت درگیری نرمال دارای خط عمود مشترک NN می‌باشند. در اینجا نقطهٔ C را نیز که روی خط ارتباطی هر دو نقاط محور مرکزی O_1 O_2 چرخ و همچنین روی خط NN در نقطهٔ تماس سطوح پهلوی دنده‌ها نیز قرار دارد، نقطهٔ غلت می‌نامند.

ثابت بودن نسبت انتقال حرکت فقط در صورتی حفظ می‌شود که در هر مکانی از نقطهٔ درگیری دنده‌ها، خط عمود بر سطوح پهلوهای دنده‌های درگیر با هم در نقاط تماس از نقطهٔ غلت عبور کنند.

مطابق شکل در اینجا دوایری که دارای شعاع $۳o_1$ و $۲o_2$ هستند، دایره‌های گام نامیده می‌شوند که به‌عنوان دوایر تقسیم نیز شناخته می‌شوند و همچنین به فاصلهٔ بین دو نقطه روی سطوح پهلوی دو دندهٔ مجاور که روی دایرهٔ تقسیم اندازه‌گیری می‌شود، گام t گفته می‌شود که از حاصلضرب قطر دایرهٔ گام d_0 در عدد پی تقسیم بر تعداد دندهٔ z به‌دست می‌آید:

$$t = \frac{d_0 \cdot \pi}{z}$$

همچنین مدول m نیز از قطر دایرهٔ گام d_0 تقسیم بر تعداد دندهٔ z به‌دست می‌آید. $(m = \frac{d_0}{z})$ که در نتیجه گام t از حاصلضرب تعداد دندهٔ z در عدد π به‌دست می‌آید. $(t=m.\pi)$

بدین ترتیب به‌طور مثال قطر دایرهٔ گام یک چرخ دنده‌ای که دارای 37 دنده و مدول 5 است برابر با 185mm می‌شود (37.5=185) و اندازهٔ یک گام نیز برابر است با:

$$t = 5 \,.\, \pi = 5 \quad 3,14 = 15 \,.\, 70 \text{ mm}$$

حال اگر مجموع نقاط تماس سطوح پهلوهای دنده‌های یک جفت چرخ دنده را به‌هم متصل کنیم در آن صورت خط درگیری n به‌دست می‌آید که در شکل ۷ نیز نشان داده

می‌شود.

بنابراین اگر قرار شود که دندانه‌های چرخ‌ها بتوانند با هم درگیری داشته باشند باید اولاً دندانه‌ها دارای اندازهٔ گام مساوی باشند، دوماً حداقل یک جفت دندانه دائماً با هم درگیر باشند و علاوه بر آن این درگیری بر روی خط درگیری منطبق شود.

«چرخ تسمه‌ها»

چرخ تسمه‌ها، چرخ‌هایی هستند که از آنها برای انتقال غیر مستقیم قدرت بین محورهای موازی و یا محورهایی که تحت زاویهٔ دلخواه نسبت به‌هم قرار گرفته و دارای فاصلهٔ محوری زیادی هستند، استفاده می‌شود. تسمه‌ها در چرخ تسمه‌ها روی چرخ‌هایی که روی محورهای محرک و متحرک سوار شده‌اند، قرار دارند به‌طوری که امکان انتقال قدرت با توجه به عملکرد اصطکاکی بین تسمه و سطوح روی چرخ تسمه‌ها تعیین می‌شود و در نتیجه برحسب میزان گشتاوری که تسمه منتقل می‌کند، ایجاد یک نیروی تنش مخصوص در تسمه مورد لزوم می‌باشد.

ـ مزیت استفاده از چرخ تسمه‌ها نسبت به چرخ زنجیرها و چرخ دنده‌ها: انتقال الاستیکی قدرت، کمتر سر و صدا کردن در موقع کار، جلوگیری بیشتر از نوسانات و ضربات ناشی از حرکت، به‌فاصلهٔ محوری مشخصی در انتقال حرکت وابستگی ندارد و حتی در صورت زیاد بودن فواصل محوری امکان انتقال حرکت بیشتر می‌شود، هزینه ساخت این‌گونه تسمه‌ها کمتر است و احتیاج به رسیدگی و روغنکاری ندارد.

ـ معایب استفاده از چرخ تسمه‌ها نسبت به چرخ زنجیرها و چرخ دنده‌ها: ایجاد لغزش به‌علت کشش تسمه سبب عدم ثبات در نسبت انتقال حرکت می‌شود، استفاده از چرخ تسمه‌ها در مقایسه با چرخ زنجیرها و چرخ دنده‌ها نیاز به فضای بیشتری دارد. حرکت تسمه‌ها چه در تسمه‌های تخت و چه در تسمه‌های گوه‌ای به مقطع تسمه بستگی دارد و سرعت حرکت تسمه با توجه به مقطع تسمه تغییر می‌کند. اگر چه حدود استفاده از تسمه‌های تخت و تسمه‌های گوه‌ای زیاد از هم قابل تشخیص نیست اما تسمه‌های تخت در مقایسه با تسمه‌های گوه‌ای به چرخ‌های بزرگتر و فاصلهٔ محوری بیشتری نیاز دارند که البته در تسمه‌های تخت چند لایه مدرن دیگر این مورد صدق نمی‌کند.

البته در صورت انجام اقدامات مفید و بهبود بخشیدن جنس تسمه می‌توان میزان قابلیت انتقال قدرت چرخ تسمه‌های تخت را به‌طور چشمگیری افزایش داد به‌طوری که چرخ تسمه‌های تخت می‌توانند تحت شرایط مشابه مانند چرخ تسمه‌های گوه‌ای حرکت کنند.

«چرخ دنده‌ها»

از چرخ دنده‌ها برای انتقال غیر مستقیم قدرت و تعداد دوران بین محورهایی استفاده می‌شود که نسبت به‌هم به‌طور موازی، متقاطع و یا صلیبی قرار گرفته‌اند.

- به‌طور کلی مزیت‌های استفاده از چرخ دنده‌ها نسبت به چرخ زنجیرها و چرخ تسمه‌ها به‌قرار زیر می‌باشد:

حرکت به علت وجود اتصال فرمی بین دنده‌هایی که با یکدیگر درگیر شده‌اند بدون لغزش منتقل می‌شود به‌طوری که در چرخ دنده‌ها نسبت انتقال حرکت ثابت و بدون وابستگی به‌بار می‌باشد، همچنین چرخ دنده‌ها فضای کمتری را نسبت به چرخ تسمه‌ها و چرخ زنجیرهایی با همان قدرت اشتغال می‌کنند و به‌طور کلی راندمان بیشتری دارند.

- اما معایب چرخ دنده‌ها در مقایسه با چرخ تسمه‌ها و چرخ زنجیرها این است که صلب بودن انتقال قدرت باعث می‌شود که استفاده از کلاچ‌های الاستیکی به مراتب ضروری شود، سر و صدای زیادی تولید می‌کند، اندازهٔ دقیق فاصلهٔ محوری که با توجه به ابعاد چرخ تعیین می‌شود باید رعایت شود، چرخ دنده‌ها با صرف هزینهٔ بیشتری ساخته می‌شوند.

«چرخ دنده‌های از جنس مواد مصنوعی»

خصوصیات و کاربرد آنها

چرخ دنده‌هایی که جنس آنها از مواد مصنوعی ساخته می‌شود دارای مشخصات ویژه‌ای هستند از جمله اینکه حرکت آنها دارای سر و صدا می‌باشد و ضربه‌ها و نوسانات را خفه می‌کنند، استحکام کار این‌گونه چرخ دنده‌ها زیاد است و دنده‌ها دارای قابلیت درگیری زیادی هستند، میزان ضریب اصطکاکی و وزن آنها نیزکم است و به‌علت پایین‌بودن میزان مدول الاستیسیته در این‌گونه چرخ دنده‌ها خطای گام درگیری به‌صورت الاستیکی تعدیل می‌شود. همچنین به‌علت داشتن خصوصیات حرکتی خوب در مواقع ضروری در موارد روغن‌کاری ناقص از آنها استفاده می‌شود و مقاومت زیاد در برابر زنگ‌زدگی نیز به‌عنوان یکی دیگر از مشخصات این نوع چرخ دنده‌ها محسوب می‌گردد.

اما معایب این نوع چرخ دنده‌ها تا حدی خیس‌خوردگی و متورم شدن شدید آنها به علت رطوبت می‌باشد، همچنین این نوع چرخ دنده‌ها نسبت به چرخ دنده‌های فولادی قابلیت بارپذیری کمی دارند و اغلب هزینهٔ تهیهٔ مواد اولیهٔ آنها نیز گران در می‌آید که در نتیجه به دلیل داشتن قابلیت کار در کارهای سبک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

چرخ دنده‌هایی که جنس آنها از مواد مصنوعی ساخته می‌شود به‌خصوص برای آنکه دارای حرکت بدون سر و صدا هستند و از نوسانات حرکتی جلوگیری می‌کنند در موارد زیر مورد مصرف قرار می‌گیرند. مثلاً در دستگاه‌های مربوط به وسایل خانگی و یا دفتری، ماشین‌های نساجی، ماشین‌های چاپ، ابزارهای الکتریکی و وسایل اسباب‌بازی.

فصل چهارم

کمپرسورها

و

موتورهای پیستونی

«قوانین مربوط به گازها»

تغییر حالت گاز

در صورت تبدیل حرارت به کار مکانیکی و یا بالعکس از گاز یا بخار که سیالات قابل تراکمی هستند به عنوان عامل انتقال نیرو استفاده می‌شود.

حال اگر کلیهٔ گازها را به‌عنوان گازهایی ایدآل در نظر بگیریم بدین ترتیب که تصور کنیم مولکولهای گازها دارای حجم نیستند و توسط آنها هیچ‌گونه نیروی جاذبه و دافعه‌ای هم نسبت به‌هم اعمال نمی‌شود در این‌صورت در مورد تراکم وانبساط گازها قوانین معتبری صدق می‌کند. اگر چه یک گاز یک اتمی مانند اتم هیدروژن یا هلیم تقریباً عملکرد مشابهی مانند گازهای ایدآل دارند.

قانون بویل ـ ماریوت

در شکل زیر تصویر یک سیلندر که در داخل آن پیستونی قرار دارد، نشان داده می‌شود به‌طوری که در داخل سیلندر گاز نیز وجود دارد. حال اگر پیستون، گاز را کمپرس کند در آن صورت فشار گاز بالا می‌رود که در این حالت حجم گاز کاهش پیدا می‌کند.

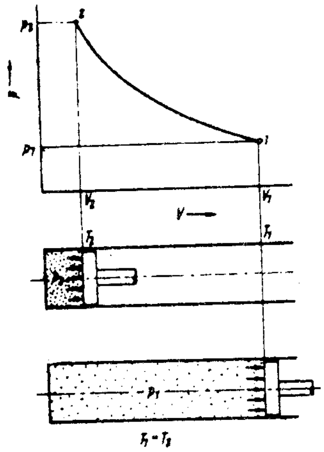
بویل (سال ۱۶۶۲) و بعداً ماریوت (سال ۱۶۷۶) کشف کردند که اگر از طریق خنک کردن درجهٔ حرارت گاز ثابت نگه داشته شود در آن صورت با افزایش فشار، حجم گاز کاهش پیدا می‌کند یعنی حاصلضرب فشار در حجم در هر مرحله‌ای از تغییر حالت گاز ثابت باقی می‌ماند.

بنابراین معتبر است: $P_1 V_1 = P_2 V_2 = PV = \text{Constant}$

اگر $V_1 = MV_1$ و $V_2 = MV_2$ و همچنین $V_1 = 1/\rho_1$ و $V_2 = 1/\rho_2$ باشد،

صدق می‌کند: $\dfrac{V_1}{V_2} = \dfrac{P_2}{P_1} = \dfrac{V_1}{V_2} = \dfrac{\rho_2}{\rho_1}$

در صورت تغییر حالت گاز با درجهٔ حرارت ثابت تغییر فشار گاز با حجم آن نسبت معکوس دارد به‌طوری که حاصلضرب فشار در حجم ثابت می‌باشد یعنی در صورت ثابت بون درجهٔ حرارت، با افزایش حجم گاز فشار کاهش پیدا می‌کند و با کاهش حجم گاز فشار افزایش می‌یابد.



تغییر حالت گاز در صورت ثابت بودن درجهٔ حرارت

قانون Gay-Lussac

اگر گازی را تحت فشار ثابت حرارت دهیم در آن‌صورت حجم گاز به ازاء هر درجه حرارت برحسب سانتی‌گراد به میزان ۱/۲۷۳ حجمی که در 0°C داشته است، منبسط می‌شود و حجم آن افزایش می‌یابد و به همان نسبت نیز در صورت خنک کردن کاهش حجم قابل مشاهده می‌باشد زیرا در صورت ثابت بودن فشار، افزایش یا کاهش درجه حرارت گاز با تغییر حجمش نسبت مستقیم دارد.

اگر V برابر حجم گاز در 0°C = 273K باشد در این صورت حجم گاز با توجه به تغییر حالت گاز در رابطهٔ زیر چنین می‌شود:

$$V_1 = V \pm V\frac{1}{273}t_1 = V\frac{273 \pm t_1}{273} = V\frac{T_1}{T}$$

با توجه به این رابطه می‌توان استنباط کرد که در صورت حرارت دادن یا سرد کردن گاز تحت فشار ثابت تغییر حجم گاز با درجه حرارت گاز (در این رابطه T درجه حرارت

مطلق گاز می‌باشد) نسبت مستقیم دارد. (قانون Gay-Lussac):

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

و یا به‌طور کلی

$$\frac{V}{T} = \text{Constant}$$

حال اگر به‌گازی در صورت ثابت بودن فشار از 0°C=273K تا +273°C=546K حرارت داده شود در آن صورت گاز تا دو برابر حجمش منبسط می‌شود و اگر گاز از 0°C تا -273°C=OK (یعنی صفر کلوین) سرد شود، در این‌صورت حجمش از نظر تئوری برابر صفر می‌شود.

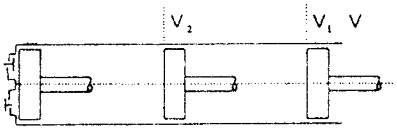
در این سیلندر که تصویر آن در شکل بالا نشان داده می‌شود، یک پیستون وجود دارد که آن را با علامت (K) نمایش می‌دهند.

این تصویر یک .... را نشان می‌دهد که توسط هوا پر شده است.

سیلندر

در این سیلندر نیز یک .... قرار دارد و در انتهای سمت چپ سیلندر دو سوپاپ (B و A) وجود دارند که می‌توانند باز یا بسته شوند.

پیستون

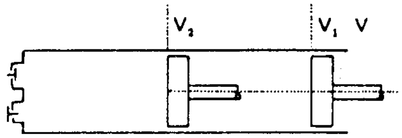


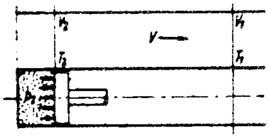
شکل بالا تصویر یک .... را نشان می‌دهد که در آن

سیلندر

یک .... قرارگرفته و در انتهای سمت چپ سیلندر

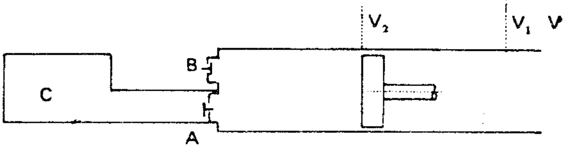
پیستون

نیز دو وجود دارد. حال اگر پیستون در سمت راست سیلندر قرار داشته باشد، در آن صورت فشار هوای داخل سیلندر با فشار اتمسفر یکسان می‌شود و برابر با یک‌بار (1 bar) می‌گردد. اما آیا اگر پیستون در صورت بسته‌بودن سوپاپ‌ها به‌سمت چپ حرکت کند میزان فشار هوا در سیلندر افزایش می‌یابد؟ بله یا خیر؟ میزان فشار هوا در سیلندر افزایش می‌یابد زیرا از حجم هوا کاسته می‌گردد و به علت متراکم شدن هوا در واقع هوا فشرده (کمپرس) می‌شود.	سوپاپ بله
 در این حالت که سوپاپ‌های سیلندر بسته شده‌اند، آیا هوا در سیلندر می‌شود؟ بله یا خیر؟ هوا در سیلندر می‌شود زیرا هوا توسط پیستون متراکم شده است به‌طوری‌که در این حالت میزان فشار هوای داخل سیلندر بیشتر از فشار اتمسفر شده و به‌عبارتی دیگر در سیلندر ازدیاد فشار ایجاد می‌شود.	 کمپرس ـ بله کمپرس



چون در اینجا هوا در داخل سیلندر شده است، در نتیجه در سیلندر ازدیاد فشار به‌وجود می‌آید و فشار هوای داخل سیلندر بیشتر از یک‌بار می‌شود.

کمپرس



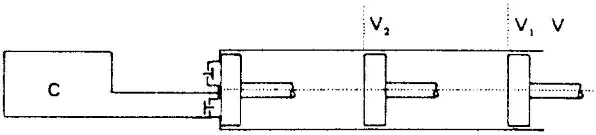
در این حالت فشار داخل سیلندر افزایش یافته است.

حال اگر میزان این فشار اضافی به حد معینی برسد در این‌صورت ازدیاد فشار سبب بازشدن یکی از سوپاپ‌ها می‌شود.

اما آیا در این حالت سوپاپ A باز می‌شود یا سوپاپ B؟

در این حالت باز می‌شود که این سوپاپ را «سوپاپ خروجی» می‌نامند و از طریق همین سوپاپ خروجی است که هوا به درون مخزن C جریان پیدا می‌کند.

سوپاپ A



بنابراین اگر میزان فشار اضافی به‌وجود آمده که به‌علت حرکت پیستون در سیلندر تولید شده است به حدّ معینی برسد در آن‌صورت باز می‌شود و در نتیجه هوای فشرده شده به داخل مخزن C جاری می‌شود و در صورتی که هوا از سیلندر خارج شود، سوپاپ خروجی بسته می‌شود و بدین ترتیب جهت حرکت پیستون در نقطه معینی معکوس می‌شود یعنی در این حالت برای مدت کوتاهی پیستون متوقف می‌شود که این نقطهٔ معکوس را «نقطهٔ مرگ پیستون» یا «نقطهٔ برگشت پیستون» (dead Points) می‌نامند.

سوپاپ خروجی

در اینجا در قسمت سمت چپ سیلندر قرار دارد که در این حالت هوای کمپرس شده از سیلندر خارج شده و نیز بسته شده است.

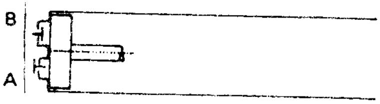
حال اگر پیستون به سمت راست حرکت کند آیا در این حالت میزان فشار هوا در سیلندر با فشار اتمسفر برابر می‌شود؟ بله یا خیر؟

نقطهٔ مرگ پیستون

سوپاپ خروجی

خیر

در این حالت میزان فشار هوای داخل سیلندر با فشار اتمسفر برابر نیست بلکه میزان فشار هوای داخل سیلندر کمتر از میزان فشار اتمسفر است زیرا در سیلندر تقلیل فشار ایجاد شده است.



در اینجا هوای کمپرس شده از سیلندر خارج شده و نیز بسته شده است.

سوپاپ خروجی

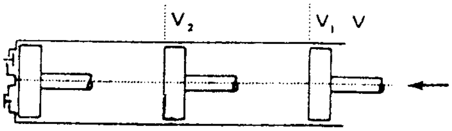
حال اگر در این حالت که سوپاپ خروجی بسته است، پیستون از در سمت چپ به‌طرف در سمت راست حرکت کند، در سیلندر میزان فشار هوا کمتر از میزان فشار اتمسفر می‌شود و در نتیجه به‌علت ایجاد در سیلندر سوپاپ B که آن ار «سوپاپ ورودی» می‌نامند، باز می‌شود. بدین ترتیب هوا از طریق به‌داخل سیلندر که فشارش از فشار اتمسفر کمتر می‌باشد، وارد می‌شود به‌طوری که هوا به داخل سیلندر مکیده می‌شود و این عمل مکش هوا تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که پیستون به در سمت راست سیلندر برسد و سپس سوپاپ ورودی نیز بسته می‌شود.

نقطهٔ مرگ ـ نقطهٔ مرگ

تقلیل فشار

سوپاپ ورودی

نقطهٔ مرگ



حال اگر به این پیستون نیرو اعمال شود در آن‌صورت در اثر حرکت پیستون کار انجام می‌شود به‌طوری که کار انجام شده در گاز، فشار ایجاد می‌کند.

بنابراین در صورتی‌که پیستون به‌سمت چپ سیلندر حرکت کند، در اثر حرکت پیستون گاز متراکم شده و در نتیجه کار انجام می‌شود و در صورتی که سوپاپ خروجی باز شود، عمل تراکم نیز خاتمه می‌یابد.

حال اگر پیستون تا نقطهٔ مرگ در سمت چپ سیلندر برسد در آن صورت در حالتی که سوپاپ خروجی باز است حرکت پیستون سبب خروج گاز فشرده شده می‌شود و در واقع عمل رانش و خروج گاز انجام می‌شود که در این حالت نیز کار انجام می‌شود.

پس می‌توان نتیجه‌گیری کرد که اگر پیستون از نقطهٔ مرگ در سمت‌راست سیلندر به‌نقطهٔ مرگ در سمت‌چپ سیلندر برسد، عمل   و عمل   گاز انجام می‌شود و در صورتی‌که پیستون از نقطهٔ‌مرگ در سمت‌چپ سیلندر به‌نقطهٔ‌مرگ در سمت راست سیلندر برسد عمل   گاز انجام می‌شود که در این حالت نیز کار انجام شده است.

رانش ـ تراکم

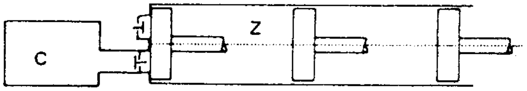
مکش

بنابراین در اثر عمل رانش، عمل تراکم و عمل مکش کار

انجام می‌شود.

بنابراین در اثر حرکت پیستون به این طرف و آن طرف یعنی در اثر حرکت رفت و برگشتی پیستون در سیلندر عمل تراکم، عمل رانش و عمل مکش انجام می‌شود به‌طوری که در اثر عمل تراکم و عمل رانش، فشار هوای داخل سیلندر بیشتر از فشار اتمسفر می‌شود.

البته لازم به تذکر است که استفاده از عمل مکش برای هدایت گازها به داخل سیلندر کار سودمندی نیست.



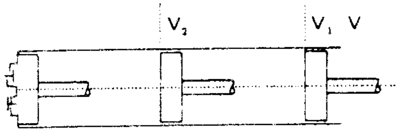
همان‌طور که در اینجا نشان داده می‌شود، هوا از سیلندر Z به‌داخل مخزن C هدایت شده است.

اما آیا اکنون هوا در مخزن C نسبت به زمانی‌که در سیلندر Z قبل از فشرده شدن بود، دارای انرژی بیشتری شده است؟ بله یا خیر؟

بله

هوایی که به مخزن C هدایت‌شده انرژی بیشتری گرفته است زیرا عمل تراکم و عمل رانش سبب شده که هوا در اثر فشرده شدن، انرژی بگیرد.

بنابراین از هوا می‌توان به‌عنوان یک وسیلهٔ انتقال‌دهندهٔ انرژی استفاده کرد که به همین علت آن را یک «عامل انتقال نیرو» می‌نامند.

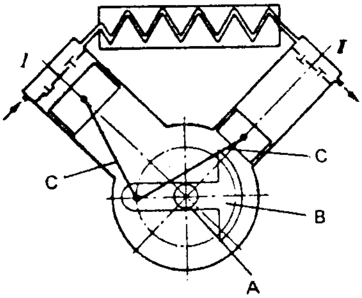


	چون با حرکت دادن پیستون در یک سیلندر می‌توان به علت
انتقال قدرت	فشرده‌شدن هوا عمل را انجام داد به‌همین علت این نوع پیستون و سیلندر به عنوان ماشینی شناخته می‌شود که آن را کمپرسور می‌نامند و از آنجائیکه در این نوع کمپرسور، هوا توسط یک پیستون کمپرس می‌شود، این نوع کمپرسور را «کمپرسور پیستونی» می‌نامند.
عامل انتقال نیرو	این ازدیاد فشار هوا فقط به‌علت کاهش حجم به‌وجود می‌آید که این خود سبب افزایش درجه حرارت هوای متراکم می‌گردد.
کمپرسورها	بنابراین عملکرد سبب کاهش حجم هوا و همچنین افزایش درجه حرارت هوا می‌شود که این افزایش دما می‌تواند با خنک کردن هوای متراکم کاهش پیدا کند. حال اگر عمل تراکم بدون گرفتن گرما از محیط خارج یا پس‌دادن آن به محیط خارج انجام شود یعنی به‌عبارت دیگر در ضمن عمل تراکم، حرارت از دست داده نشود، در آن‌صورت این نوع تراکم را «تراکم آدیابات» می‌نامند که در این حالت دیگر احتیاجی به خنک‌کردن نیز نمی‌شود.
	بنابراین در تراکم آدیابات، تبادل گرما با محیط خارج انجام

نمی‌شود و به همین علت احتیاجی به خنک کردن هوا نیز نمی‌باشد اما برعکس اگر عمل تراکم طوری انجام شود که درجه حرارت ثابت بماند و در واقع بدون افزایش درجهٔ حرارت انجام شود، در آن صورت این نوع تراکم را «تراکم ایزوتروم» می‌نامند. در این حالت هوای متراکم طوری خنک می‌شود که افزایش درجه حرارت صورت نمی‌گیرد.

البته عملاً تراکم واقعی هوا نه به‌صورت تراکم انجام می‌شود و نه به‌صورت تراکم بلکه عمل تراکم واقعی هوا بین تراکم آدیابات و ایزوتروم انجام می‌شود یعنی عملاً مقداری از گرمای به‌وجود آمده خارج می‌شود که این حالت را «تراکم پلی‌تروپ» می‌نامند.

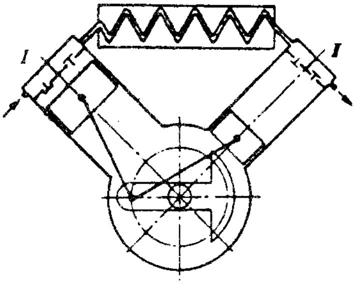
آدیابات
ایزوتروم

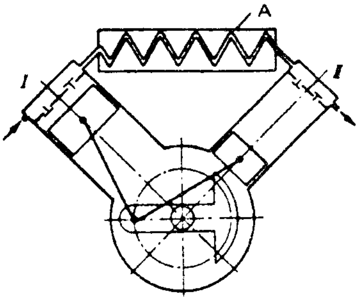


در شکل بالا تصویر یک نشان‌داده می‌شود. این کمپرسور پیستونی دارای سیلندر است که هر کدام دارای پیستون هستند.

کمپرسور پیستونی
دو
یک

همچنین هر یک از پیستون‌ها به دستهٔ پیستون C متصل می‌شوند و هر کدام از دسته پیستون‌ها نیز خود به میل‌لنگ B

متصل می‌گردند که روی محور لنگ A قرار دارد.	
	
پیستون‌ها در این کمپرسور پیستونی توسط دو	دسته پیستون ـ
و یک به‌یک محور لنگ متصل شده‌اند.	میل لنگ
حال اگر محور بچرخد، نیز می‌چرخد که در این	میل لنگ
صورت قسمت انتهای پایینی یک‌دور گردش	دسته پیستون‌ها
انجام می‌دهد و سپس در اثر این عمل، پیستون در سیلندر نیز حرکت رفت و برگشتی انجام می‌دهد.	
بنابراین از آنجایی که پیستون‌ها در سیلندرها دارای حرکت رفت و برگشتی هستند، این‌چنین حرکتی به‌عنوان یک حرکت خطی شناخته می‌شود.	
پس در این کمپرسور پیستونی حرکت دورانی محور به‌علت حرکت میل‌لنگ و دستهٔ پیستون‌ها به تبدیل می‌شود	حرکت خطی
که از آن به‌منظور تولید هوای فشرده در کمپرسورهای پیستونی استفاده می‌گردد.	



این شکل یک   است.

همان‌طور که در تصویر نشان داده می‌شود پیستون سمت چپ به نقطهٔ مرگ بالای پیستون نزدیک است یعنی این بدان معنا است که هوا   شده است و در قسمت A که «سردکن میانی» یا «خنک‌کنندهٔ میانی» نامیده می‌شود، جریان می‌یابد. سپس هوا در قسمت سردکن میانی خنک می‌شود به‌طوری که میزان درجه حرارت آن تقریباً به همان اندازه‌ای می‌شود که در ابتدا داشته است. پس از آن هوای خنک‌شده توسط سیلندر دومی   می‌شود. حال اگر میل‌لنگ در حدود °۱۳۵ بچرخد در آن صورت پیستون سمت راست هوایی را که یک‌بار قبلاً متراکم شده بود برای دومین بار متراکم می‌کند و در همان‌زمان پیستون سمت‌چپ هوای‌تازه را   و در این پیستون نیز هوا برای دومین‌بار   می‌شود که به‌همین علت این نوع کمپرسور پیستونی، یک «کمپرسور پیستونی دو مرحله‌ای» نامیده می‌شود زیرا تراکم هوا در دو مرحله انجام می‌شود و به‌منظور کاستن از درجهٔ هوا نیز از یک   استفاده می‌گردد.

کمپرسور پیستونی

متراکم

مکیده

می‌مکد

متراکم

سردکن میانی

«کمپرسورهای پیستونی»

کمپرسورهای پیستونی ماشین‌هایی هستند که به‌علت حرکت یک یا چند   در آنها هوا و یا گازها تحت فشار قرارگرفته و دارای فشار می‌شوند.

کمپرسورهای پیستونی تا حدودی از نظر ساختمان مکانیکی و نحوهٔ عملکردشان مشابه پمپ‌های پیستونی هستند اگر چه پمپ‌های پیستونی   غیرقابل تراکم (مانند مایعات و روغن) را جابجا می‌کنند به‌طوری که سیالات تحت فشار قرار گرفته و توسط پمپ انرژی می‌گیرند اما کمپرسورهای پیستونی هوا و یا گازها را که سیالات قابل تراکمی هستند، کمپرس می‌کنند به‌طوری که افزایش فشار سیال قابل تراکم در صورت کاهش   آن انجام می‌شود که این عمل سبب افزایش   سیال می‌شود.

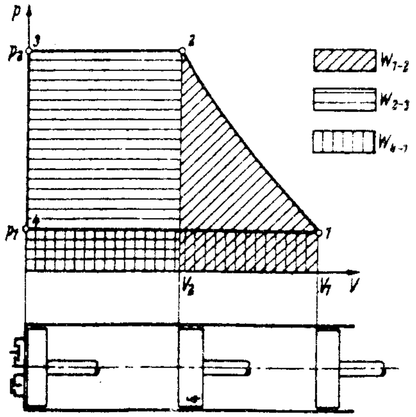
حال اگر یک کمپرسور هوا را از نظر تئوری در نظر بگیریم بدین‌صورت که کمپرسور مذکور تمام هوای متراکم را تحت فشار سیلندر خارج کند در آن‌صورت عملکرد کمپرسور مطابق دیاگرام P.V در شکل 1 به‌دست می‌آید.

پیستون

سیالات

حجم

درجهٔ حرارت



شکل ۱: دیاگرام P.V مربوط به یک کمپرسور

W_{1-2} نیروی حاصل از عمل تراکم

W_{2-3} نیروی حاصل از علم رانش

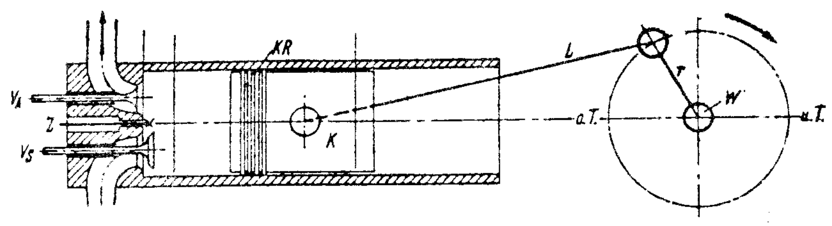
W_{4-1} نیروی حاصل از عمل مکش

همان‌طور که در این دیاگرام P.V نشان داده می‌شود پیستون در وضعیت نقطهٔ مرگ در قسمت سمت چپ سیلندر قرار دارد که روی نقطهٔ 4 مشخص می‌شود به‌طوری که در صورت حرکتش به‌سمت راست (خط 1-4) مجرای‌ورودی باز می‌شود و هوا با فشار به داخل سیلندر جریان می‌یابد تا وقتی که پیستون به وضعیت نقطهٔ مرگ در قسمت سمت راست یعنی نقطهٔ 1 می‌رسد. بدین ترتیب وجود فشار هوای خارج باعث عمل مکش می‌شود که به‌صورت خطوط عمودی W_{4-1} روی منحنی نشان داده می‌شود. پس از آن پیستون به‌سمت چپ سیلندر حرکت می‌کند که‌در این‌حالت مجراهای ورودی و خروجی بسته شده و هوای وارد شده، متراکم می‌گردد (خطوط مورب 1-2) و پیستون نیروی حاصل از عمل تراکم W_{1-2} را به‌هوا منتقل می‌کند سپس در صورت ایجاد فشار در سیلندر مجرای

خروجی باز می‌شود (نقطهٔ 2) و هوای متراکم شده از سیلندر به‌داخل یک مخزن یا محفظه رانده می‌شود (خط 3-2). بدین ترتیب پیستون نیروی حاصل از عمل رانش $W_{2\text{-}3}$ را به‌هوا منتقل می‌کند که در نتیجه کل نیرویی که منتقل‌شده است برابر با:

W= نیروی حاصل از عمل تراکم + نیروی حاصل از عمل رانش - نیروی حاصل از عمل مکش

کل انرژی حاصل از کار کمپرسور با سطوحی که روی منحنی 4-3-2-1 مشخص شده است، متناسب می‌باشد.

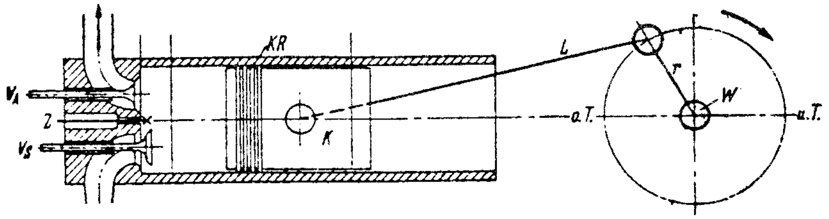


شکل بالا تصویر یک سیلندر در یک موتور احتراق را نشان می‌دهد.

در این سیلندر یک .... وجود دارد که توسط یک .... که آن را شاطون نیز می‌نامند و یک .... به‌یک محور متصل شده است.

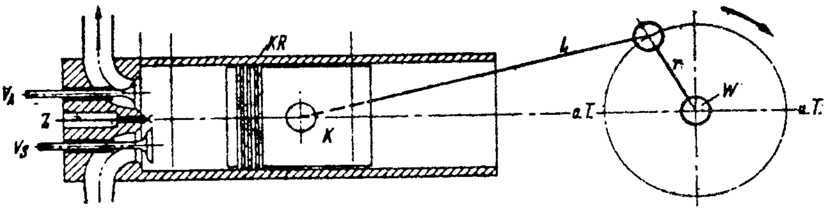
پیستون

دستهٔ پیستون ـ میل‌لنگ



پیستونی که در این سیلندر وجود دارد توسط یک شاطون
و یک میل‌لنگ به‌یک محور متصل شده است.

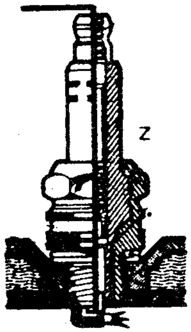
همچنین روی این پیستون شیارهایی وجود دارد که «شیارهای رینگ» نامیده می‌شوند و در داخل آنها رینگ‌هایی به‌نام «رینگ‌های پیستون» قرار می‌گیرند. از آنجایی که باید بین پیستون و سیلندر فاصلهٔ مناسبی وجود داشته باشد (فاصلهٔ کم سبب چسبندگی پیستون به بدنهٔ سیلندر می‌شود و فاصلهٔ زیاد باعث خروج هوا و مادهٔ سوختنی از داخل سیلندر به خارج می‌گردد)، به همین علت از رینگ‌های پیستون استفاده می‌شود زیرا رینگ‌های پیستون مانع از آن می‌شوند که هوا و مادهٔ سوختنی در داخل سیلندر از قسمت بالای سیلندر به قسمت پایین پیستون نفوذ کند. بنابراین می‌توان گفت که رینگ‌های پیستون سیلندر را آب‌بندی می‌کنند.

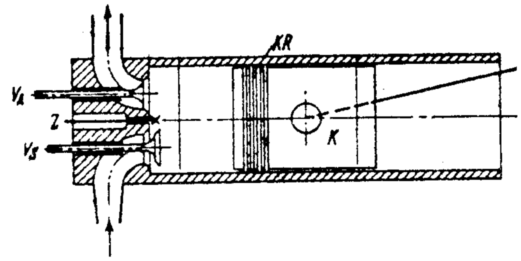


پیستونی که در این سیلندر وجود دارد، یک پیستون چند شیاره است به‌طوری که در داخل شیارها   قرار می‌گیرند که سیلندر را   می‌کنند.
همچنین در سمت چپ سیلندر نیز   (V_A) و   (V_s) وجود دارد.

رینگ‌های پیستون ـ آب‌بندی
سوپاپ خروجی ـ سوپاپ ورودی

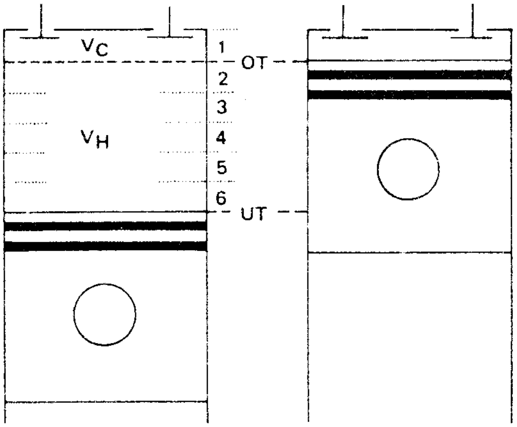
در این موتور که در تصویر مشاهده می‌شود، شمع Z بین دو سوپاپ ورودی و خروجی قرار دارد:





در اینجا   در سمت چپ سیلندر بین سوپاپ‌ها قرار گرفته است و در این سیلندر یک پیستون وجود دارد که توسط یک   و یک   به‌یک محور متصل‌شده است.
این پیستون چند شیاره همچنین دارای   است که این رینگ‌های پیستون سیلندر را   می‌کنند.

شمع
شاطون ـ میل‌لنگ
رینگ‌های پیستون
آب‌بندی



در اینجا پیستون در سیلندر از قسمت پایین به‌طرف قسمت بالا یعنی از نقطهٔ مرگ پایین پیستون به‌طرف مرگ بالای پیستون حرکت می‌کند که این مسیر حرکت پیستون در سیلندر را که از نقطهٔ مرگ بالا (OT) به نقطهٔ مرگ پایین (UT) می‌رسد، طول کورس پیستون نامیده می‌شود.

همچنین حجم بین هر دو نقطهٔ مرگ پیستون را نیز که با علامت V_H نشان داده می‌شود، حجم کورس پیستون می‌نامند

به‌طوری V_H برابر با حاصلضرب طول کورس | حجم‌کورس‌پیستون

در مساحت سیلندر می‌باشد.

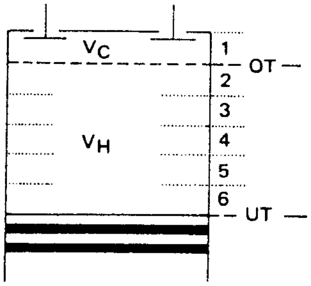
اما آیا اندازهٔ حجم حاصل از کورس پیستون V_H برابر با حجم سیلندر است؟ بله یا خیر؟ | خیر

اندازهٔ V_H با حجم سیلندر برابر نیست زیرا | حجم‌کورس‌پیستون

اندازهٔ   پیستون با ارتفاع سیلندر مطابقت نمی‌کند. | طول کورس

بنابراین V_H حجمی است که در آن پیستون | حجم‌کورس‌پیستون

در مسیر حرکت خود بین دو نقطهٔ مرگ پیستون حرکت می‌کند.

	همچنین حجم سیلندر برابر است با مجموع حجم کورس پیستون V_H و حجمی که هوای فشرده‌شده در آن وجود دارد.
طول کورس	حجم کورس پیستون V_H برابر با حاصلضرب در مساحت سیلندر می‌شود. بنابراین در مورد مساحت سیلندر معتبر است: $\text{مساحت سیلندر} = \pi \cdot \frac{d^2}{4}$ در رابطهٔ بالا d قطر سیلندر نامیده می‌شود.
d ـ طول کورس قطر	بنابراین در مورد حجم کورس پیستون V_H صدق می‌کند: $V_H = \pi \cdot \frac{2}{4} X$ در این رابطه طول کورس و سیلندر بر حسب mm اندازه‌گیری می‌شود.
حجم‌کورس‌پیستون ـ حجم‌هوای‌متراکم شده ـ قطر	 بنابراین حجم سیلندر برابر با V_H و V_C می‌شود که‌اندازهٔ آن‌باتوجه به‌ارتفاع سیلندر و سیلندر تعیین می‌گردد و خارج‌قسمت حجم سیلندر به‌حجم هوای متراکم‌شده نیز برابر با نسبت تراکم $\in$ می‌باشد.

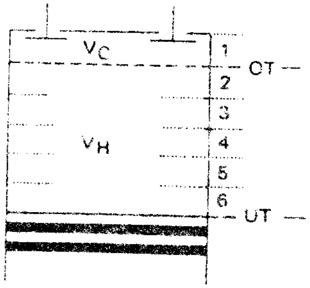
بنابراین صدق می‌کند: $\in = \frac{V_H + V_C}{V_C}$

V_H حجمی است که‌در آن پیستون در مسیر حرکتش بین دو نقطهٔ مرگ پیستون حرکت می‌کند.

V_C حجمی است که هوای متراکم شده در آن وجود دارد.

حجم سیلندر $V_H + V_C$ برابر با است.

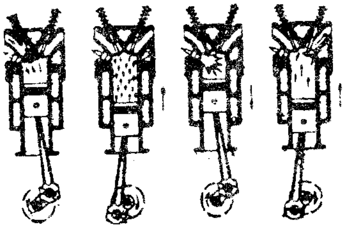
نسبت تراکم $\in$ نامیده می‌شود.



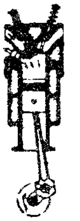
نسبت تراکم — در این سیلندر ۶:۱ می‌باشد.

نسبت تراکم برابر با خارج‌قسمت مجموع حجم کورس پیستون و حجم هوای متراکم‌شده (حجم سیلندر =) به‌حجم هوای متراکم‌شده می‌شود.

بنابراین در این سیلندر معتبر است: $\in = \frac{5+1}{1}$

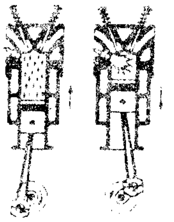


در اینجا چهار مرحله از عملکرد یک موتور بنزینی نمایش داده می‌شود.



در زمان اول مخلوطی از بنزین و هوا توسط پیستون که تا
حرکت می‌کند، از طریق سوپاپ ورود سوخت — نقطهٔ مرگ پایین
مکیده می‌شود که در نتیجه در اثر این عمل محوری که به میل‌لنگ متصل است، نیم‌دور گردش انجام می دهد.

بنابراین از آنجایی که در این مرحله، عمل — مکش — انجام می‌شود، زمان اول را «زمان مکش» می نامند.



زمان دوم به‌عنوان زمان تراکم محسوب می‌شود.

در زمان دوم پیستون در حالت   بودن سوپاپهای ورودی و خروجی به‌طرف بالا حرکت می‌کند که در اثر این عمل نیم   نیم‌دور می‌چرخد و در این حالت مخلوط بنزین و هوا   می‌شود.

بسته

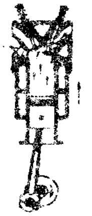
میل‌لنگ

متراکم

زمان سوم را زمان احتراق می‌نامند.

در زمان سوم هر دو سوپاپ‌ها بسته شده‌اند و به‌علت جرقهٔ شمع، مخلوط بنزین و هوا محترق می‌شود که در نتیجه گاز در حالت احتراق منبسط می‌شود و بدین ترتیب باعث حرکت پیستون به‌طرف پایین می‌گردد. در زمان احتراق میل‌لنگ توسط پیستون به‌حرکت در می‌آید به‌طوری که   نیم‌دور گردش انجام می‌دهد.

میل‌لنگ



زمان چهارم به‌عنوان زمان تخلیه یا خروج دود شناخته می‌شود.

زمان تخلیهٔ دود | در پیستون در حالت باز بودن سوپاپ خروجی به‌طرف بالا حرکت می‌کند که در اثر این عمل گاز سوخته شده به محفظهٔ سیلندر فشار می‌آورد و از سوپاپ خروجی دود به بیرون رانده می‌شود.

بنابراین در صورتی که عملکرد یک موتور بنزینی در چهار زمان (چهار ضربه) انجام شود، این موتور به عنوان یک «موتور چهار زمانهٔ بنزینی» شناخته می‌شود.

موتور چهارزمانهٔ ـ بنزینی | بنابراین عملکرد یک که یک موتور احتراق است، در چهار زمان انجام می‌شود.

زمان مکش | در زمان اول یعنی در مخلوط بنزین و هوا مکیده می‌شود.

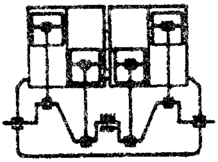
زمان تراکم | در زمان دُوم یعنی در مخلوط مادهٔ سوختنی مانند بنزین و هوا متراکم می‌شود.

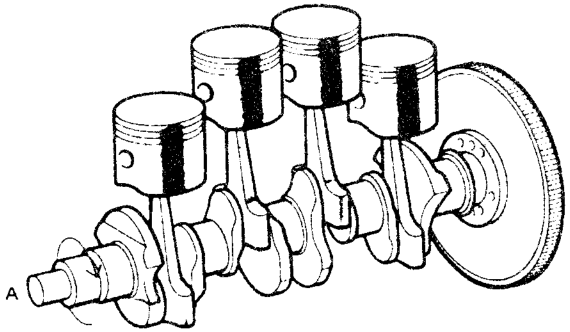
زمان احتراق | در زمان سوم یعنی در مخلوط بنزین و هوا در اثر جرقهٔ شمع محترق می‌شود.

زمان تخلیهٔ دود | در زمان چهارم یعنی در گاز سوخته‌شده به محفظهٔ سیلندر فشار وارد می‌کند و باعث حرکت پیستون شده و در نتیجه این حرکت خود سبب حرکت میل‌لنگ می‌شود به‌طوری که میل‌لنگ در هنگام این چهار زمان دوبار گردش کامل انجام می‌دهد زیرا هربار حرکت پیستون، میل‌لنگ را فقط نیم‌دور می‌چرخاند.

بنابراین اگر قرار باشد میل‌لنگ در هر حرکت پیستون نیم‌دور گردش کند، در آن صورت این نوع موتور به‌عنوان یک موتور چهار سیلندر چهار زمانه از نوع بنزینی شناخته می‌شود.

بنابراین اگر قرار شود که میل‌لنگ با هر بار حرکت پیستون نیم‌دور گردش انجام دهد در آن‌صورت میل‌لنگ باید توسط چهار پیستون حرکت داده شود:



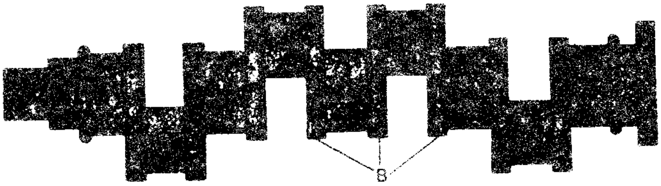


این میل‌لنگ توسط چهار دستهٔ پیستون به ۴ سیلندر متصل شده است و در واقع   توسط چهار   حرکت می‌کند بدین صورت که پیستون هر یک از سیلندرها و همچنین میل‌لنگ به قسمتهای پا و سر دسته پیستون‌ها (شاتونها) متصل شده‌اند به‌طوری که دسته پیستونها روی میل‌لنگ سوار شده و در نتیجه حرکت رفت و برگشتی پیستونها توسط زانوهای میل‌لنگ به‌حرکت چرخشی تبدیل می‌شود.

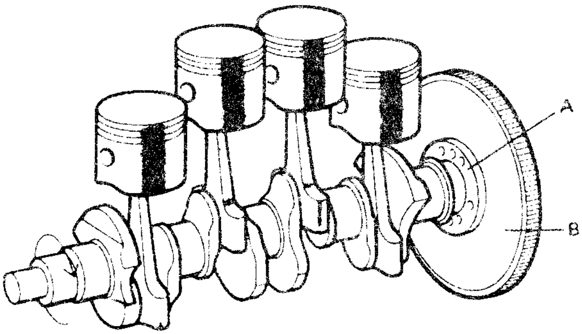
میل‌لنگ ـ سیلندر

اما آیا محور لنگ که در داخل یاتاقان دسته پیستون‌ها قرار

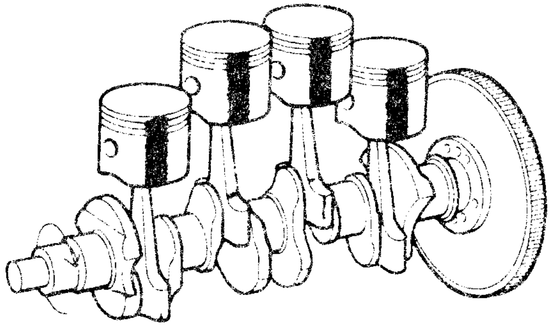
دارد، نسبت به سر محور یاتاقان (A) در یک امتداد محوری قرار دارند؟ بله یا خیر؟	خیر
نسبت به‌سر محور یاتاقان (A) در یک امتداد محوری قرار نگرفته‌اند بلکه نسبت به سر محور یاتاقان (A) در حالت خارج از مرکز قرار دارند.	زانوهای میل‌لنگ



در شکل بالا تصویر یک ________ نشان داده می‌شود که دارای ۵ یاتاقان متحرک است که در یک امتداد محوری قرار دارند به‌طوری که در آنها میل‌لنگ می‌چرخد. همچنین این محور لنگ دارای ۴ ________ می‌باشد که در داخل یاتاقان شاتونها قرار گرفته و نسبت به ________ (A) در حالت ________ قرار دارند.	میل‌لنگ زانوی میل‌لنگ سر محور یاتاقان میل‌لنگ ـ خارج از مرکز
بنابراین به علت حرکت پیستون، زانوهای میل‌لنگ حرکت خطی شاتونها را از طریق وزنه‌های متعادل کنندهٔ B به میل‌لنگ منتقل می‌کنند به‌طوری که این حرکت خطی به حرکت گشتاوری تبدیل می‌شود که البته این حرکت گشتاوری نیز در هر دو انتهای ________ (انتهای جلو و انتهای عقب) ایجاد می‌شود.	میل‌لنگ



این میل‌لنگ که در تصویر مشاهده می‌شود دارای ۴ زانوی میل‌لنگ است که‌در داخل یاتاقان دسته پیستونها قرار گرفته و نسبت به‌سر محور یاتاقان (A) در حالت خارج از مرکز قرار دارند به‌طوری‌که زانوهای میل‌لنگ در اثر حرکت پیستونها حرکت خطی دسته پیستونها را به‌حرکت چرخشی میل‌لنگ تبدیل می‌کنند. روی انتهای سمت راست میل‌لنگ، یک فلانش (A) سوار شده که این فلانش به‌صورت اتصال فرمی به فلایویل (B) متصل شده است. بنابراین فلایویل را که چرخ طیار نیز می‌نامند به میل‌لنگ متصل می‌شود.



در روی قسمت انتهای سمت راست میل‌لنگ، یک | فلانش
سوار شده است که به متصل شده و از آن به منظور | فلایویل
انتقال نیرو از میل‌لنگ به فلایول استفاده می‌شود و در ضمن سرعت حرکت دورانی میل‌لنگ را متعادل می‌کند و در واقع به‌عنوان نوسان‌گیر میل‌لنگ شناخته می‌شود.

بنابراین یک میل‌لنگ به عنوان جزئی از اجزاء ماشین محسوب می‌شود که به‌کمک آن حرکت پیستون می‌تواند | خطی
به حرکت میل‌لنگ تبدیل شود به‌طوری که در اثر | چرخشی
حرکت میل‌لنگ، نیروی گشتاوری در هر دو انتهای میل‌لنگ به‌دست می‌آید.

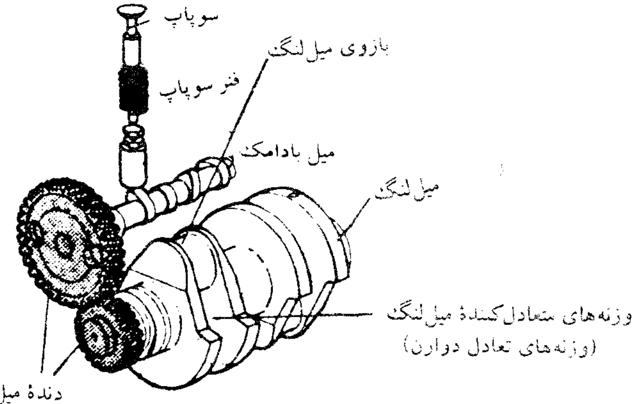
همچنین میل‌لنگ متناسب با تعداد سیلندرها دارای تعدادی زانوی میل‌لنگ است که‌نسبت به در حالت خارج | سر محور یاتاقان
از مرکز قرار گرفته‌اند.

در قسمت انتهای میل‌لنگ نیز قرار دارد و | فلایویل ـ فلانش
که جزء دیگری از اجزاء ماشین است در انتهای محور متحرک با اتصال فرمی به فلایویل متصل شده است.

سوپاپ‌ها در واقع دریچه‌هایی هستند که به‌منظور ورود مادهٔ سوختنی مانند بنزین و هوا و خروج دود مورد استفاده قرار می‌گیرند و با توجه به وضعیت حرکت میل‌لنگ و پیستونها باز و بسته می‌شوند.

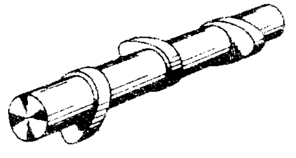
بنابراین سوپاپ‌های یک موتور باید با توجه به وضعیت حرکت پیستون و میل‌لنگ .... و .... شوند که این عمل توسط میل بادامک انجام می‌شود.

باز - بسته



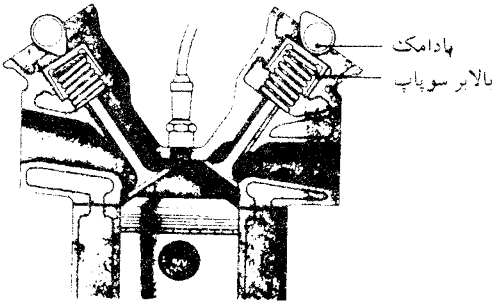
در این حالت .... توسط چرخ‌دنده به میل‌لنگ متصل می‌شود که البته این اتصال میل‌بادامک می‌تواند توسط یک چرخ زنجیر یا چرخ تسمه نیز انجام شود.

میل بادامک



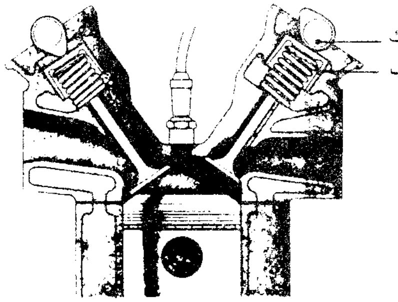
شکل بالا تصویر یک .... را نشان می‌دهد که‌دارای .... بادامک می‌باشد.

اگر چه از فنر سوپاپ برای بسته نگه‌داشتن سوپاپ استفاده می‌شود اما فشار میل‌بادامک باعث باز شدن سوپاپ می‌شود بنابراین بر حسب وضعیت حرکت .... به‌طور غیر مستقیم بادامکهای روی سوپاپ‌ها فشار وارد می‌کنند که این خود سبب باز شدن سوپاپ می‌گردد:



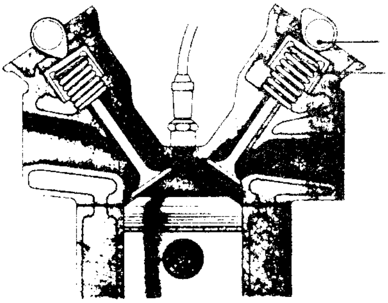
در اینجا سوپاپ سمت راست .... می‌باشد اما سوپاپ سمت چپ .... است زیرا بادامک به‌طور غیر مستقیم به سوپاپ فشار آورده و باعث باز شدن سوپاپ شده است.

میل‌بادامک
سه
میل‌بادامک
بسته
باز

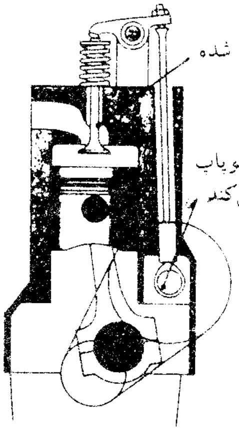


همان‌طور که در تصویر نیز مشاهده می‌شود، در سوپاپ سمت راست، میل بادامک توسط بادامک‌ها به‌سوپاپ فشار نیاورده است.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بسته یا باز بودن سوپاپ‌ها فقط بستگی به وضعیت قرار گرفتن بادامکها دارد و باز یا بسته بودن آنها توسط میل بادامک کنترل می‌شود.



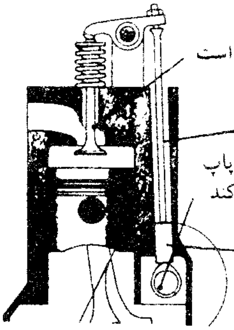
در این سیلندر باز و بسته شدن سوپاپ توسط میل بادامکی کنترل می‌شود که در بالای سوپاپ قرار دارد. یعنی به‌عبارتی دیگر سوپاپ از بالا فرمان می‌گیرد.



آیا در اینجا کنترل سوپاپ توسط میل بادامکی انجام می‌شود که در بالای سوپاپ قرار دارد؟ بله یا خیر؟

خیر

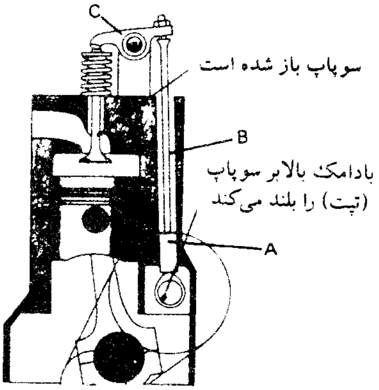
سوپاپ‌های این موتور توسط میل‌بادامکی که در بالای سوپاپ قرار دارد، کنترل نمی‌شوند بلکه کنترل سوپاپ‌ها توسط میل بادامکی انجام می‌شود که در پایین قرار دارد و به عبارتی دیگر می‌توان گفت که این سوپاپ‌ها از پایین فرمان می‌گیرند.



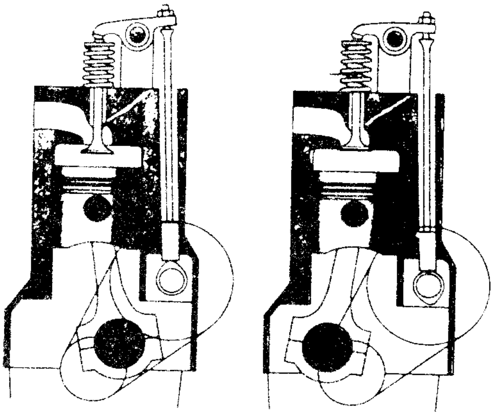
پایین

باز و بسته شدن این سوپاپ‌ها توسط میل بادامکی که در پایین قرار دارد، کنترل می‌شود و در واقع سوپاپ‌ها از فرمان می‌گیرند.

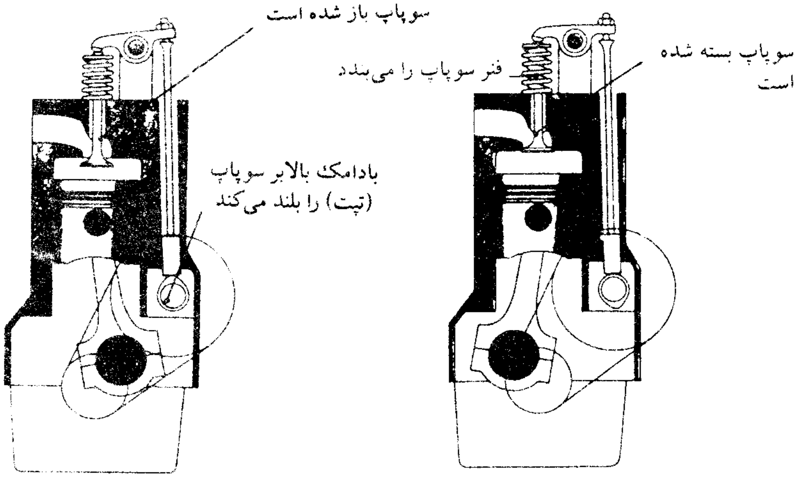
بدین ترتیب که در صورت حرکت میل بادامک، برجستگی روی بادامک به قسمت بالابر سوپاپ (Tappet) A می‌رسد و آن را بلند می‌کند و از آنجایی که میل سوپاپ B در زیر سوپاپی A به‌صورت متحرک یاتاقان‌بندی شده در نتیجه حرکت بادامک سبب بلند شدن زیر سوپاپی می‌شود که در این صورت بالابر سوپاپ نیز این حرکت را به میل سوپاپ منتقل می‌کند.



در اینجا اگر بادامک حرکت کند در آن‌صورت .... نیز بالا	تپت
می‌رود و در نتیجه در اثر این عمل، حرکت به .... منتقل	میل‌سوپاپ
می‌شود و بدین‌ترتیب حرکت میل‌سوپاپ نیز باعث حرکت اهرم	
اسبی C می‌شود به‌طوری که .... به سوپاپ فشار می‌آورد	اهرم اسبی
و بدین ترتیب سبب .... شدن سوپاپ می‌گردد.	باز

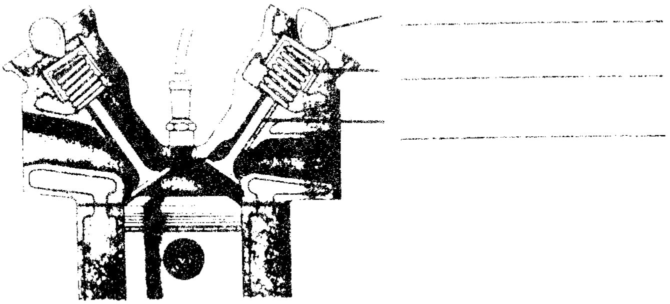


در اینجا نیز تصاویر سیلندرهایی نشان داده می‌شود که	
میل‌بادامک آنها در قرارگرفته و در نتیجه سوپاپ‌ها از	پایین
فرمان می‌گیرند.	پایین
همان‌طور که در تصویر سمت چپ مشاهده می‌شود حرکت	
میل بادامک به‌طور غیر مستقیم سبب باز شدن سوپاپ شده	
است. بدین ترتیب که حرکت بادامک سبب بلند شدن	
می‌شودکه در این‌صورت حرکت‌زیر سوپاپی	بالابر سوپاپ
نیز را بلند می‌کند و در نتیجه این عمل نیز باعث	میل‌سوپاپ
می‌شود که حرکت میل‌سوپاپ به فشار وارد	اهرم‌اسبی
کرده و سبب شدن سوپاپ شود.	باز
در حالی که در تصویر سمت راست نشان داده می‌شود که	
برآمدگی بادامک به زیر سوپاپ نمی‌رسد زیرا بادامک به‌طرف	
سمت راست چرخیده است که در اثر این عمل	میل سوپاپ ـ
به‌طرف پایین حرکت کرده و در نتیجه نیز کمی در	اهرم اسبی
جهت حرکت عقربهٔ ساعت می‌چرخد که در این‌صورت حرکتش	
باعث می‌شود که فنر بتواند سوپاپ را ببندد.	



«عملکرد سوپاپ‌ها»

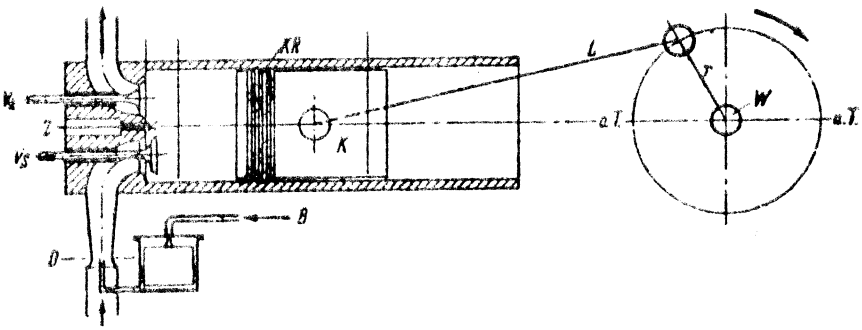
در اینجا تصاویر سیلندرهایی را مشاهده می‌کنید که آنها در قسمت پایین قرار گرفته به‌طوری که باز و بسته شدن سوپاپ‌ها توسط ، و کنترل می‌شود و سوپاپ‌ها از پایین فرمان می‌گیرند. بدین صورت که حرکت بادامک سبب بلند شدن بالابر سوپاپ (tappet) می‌گردد سپس این عمل خود سبب می‌شود که میل سوپاپ به‌طرف بالا حرکت کند.	میل بادامک بادامک ـ میل سوپاپ ـ اهرم اسبی
از آنجایی که بالا رفتن میل سوپاپ باعث حرکت اهرم اسبی می‌شود، در نتیجه سوپاپ به‌طرف پایین حرکت کرده و می‌شود اما در صورت ادامهٔ حرکت بادامک، زیر سوپاپی و میل سوپاپ به‌طرف حرکت می‌کنند که در این صورت سوپاپ به‌علت نیروی فنر سوپاپ دوباره می‌شود.	باز پایین بسته



بادامک (میل بادامک در بالای سوپاپ قرار دارد). تپت بشقابی شکل - میلهٔ سوپاپ

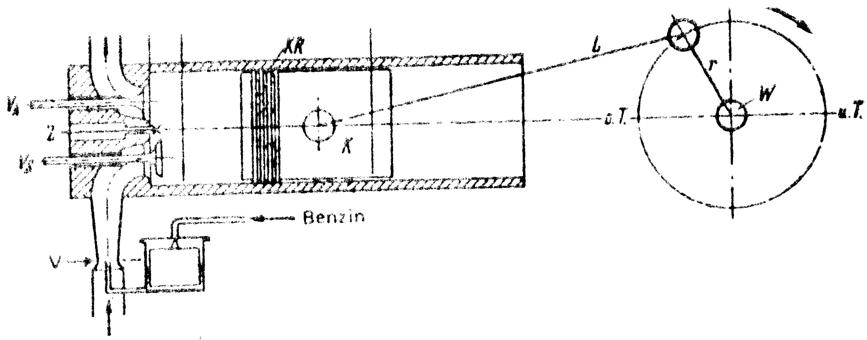
«تپت»

در مورد آن دسته از سیلندرهایی که سوپاپ‌هایشان از بالا فرمان می‌گیرند، برای آنکه بتوان میل سوپاپ را از نیروهای جانبی بادامک محافظت کرد و در واقع نیروی وارد بر میل سوپاپ متمرکز باشد، از یک نوع «تپت» (Tappet) بشقابی شکل استفاده می‌شود.



در شکل بالا که تصویر سیلندر یک موتور چهار زمانه نشان داده می‌شود، مخلوط هوا و بنزین به‌علت جرقهٔ الکتریکی شمع موتور محترق می‌شود. چون موتورهایی را که در آنها مخلوط هوا و بنزین به‌علت جرقهٔ شمع محترق می‌شود، موتورهای اتو می‌نامند به همین علت نیز سیلندری که در اینجا نشان داده می‌شود، سیلندر یک ____ چهار زمانه می‌باشد.

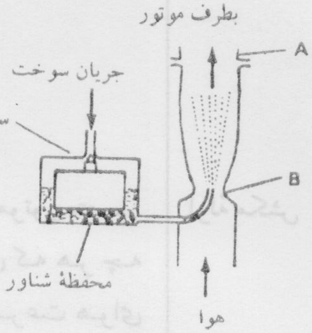
موتور اتو



در این شکل که تصویر سیلندر یک ____ چهارزمانه نشان داده می‌شود، مخلوط بنزین و هوا که در زمان ____

موتور اتو
اول

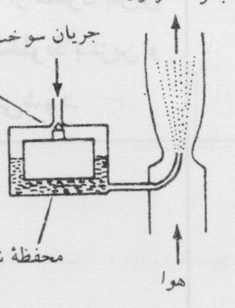
توسط پیستون مکیده شده است، به‌علت جرقه‌زدن	شمع
محترق می‌شود که در این رابطه دریافت سوخت از مخزن بنزین و رساندن آن به موتور و همچنی اندازه کردن مخلوط بنزین و هوا به‌نسبت معین توسط کاربوراتور (V) انجام می‌شود.	



در شکل بالا تصویر شماتیک یک کاربوراتور نشان داده می‌شود به‌طوری که موتور توسط لولهٔ (A) به کاربوراتور متصل می‌شود.

اما چون هوا و بنزین از طریق لولهٔ A مکیده می‌شود، به همین علت این لوله به‌عنوان «لولهٔ مکش» شناخته می‌شود. همچنین در کاربوراتور یک قیف هوا (B) وجود دارد که به آن لولهٔ مخروطی نیز می‌گویند.

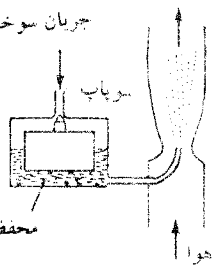
بنابراین کاربوراتور و موتور توسط یک (A) به‌هم متصل می‌شوند.	لولهٔ مکش



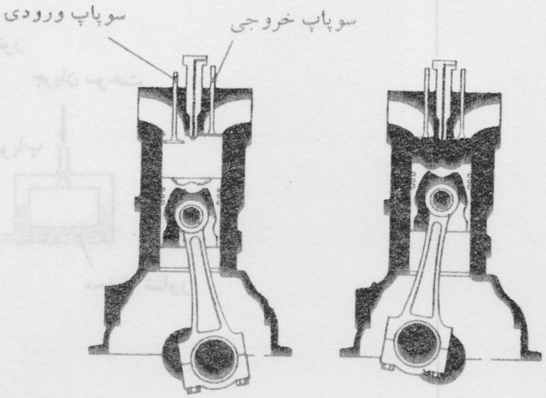
در این کاربوراتور که توسط ____ به موتور متصل ____ لولهٔ مکش
می‌شود، یک محفظهٔ شناور وجود دارد به‌طوری که هر چه توسط موتور با سرعت بیشتری مکیده شود، سرعت هوای مکیده شده در لولهٔ مکش بیشتر می‌شود و در نتیجه با افزایش سرعت هوای مکیده شده تقلیل فشار ایجاد می‌شود و به‌همین علت بنزین توسط انژکتور ____ می‌شود و بدین ترتیب هوا ____ مکیده
با بنزین مخلوط می‌گردد به‌طوری که متناسب با میزان درجهٔ حرارت مقداری از بنزین تبخیر می‌شود.

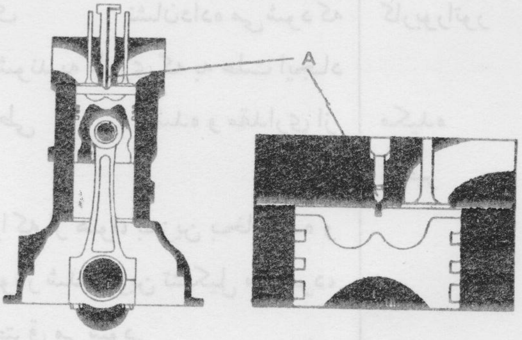
همان‌طور که در تصویر نیز مشاهده می‌شود سوخت از طریق سوپاپ وارد محفظهٔ شناور می‌شود و در صورتی که سوخت از شناور خارج شود، سطح شناور پایین می‌آید و در نتیجه سوپاپ شناور باز شده و دوباره سوخت از سوپاپ وارد شناور می‌شود.

بنابراین در کاربوراتور بنزین و هوا مخلوط شده و به موتور فرستاده می‌شود.



در اینجا تصویر شماتیک یک نشان‌داده می‌شود که در آن بنزین و هوا مخلوط می‌شوند به طوری که به علت ایجاد تقلیل فشار به داخل لولهٔ مخروطی شده و مقداری از بنزین نیز می‌گردد. بنابراین مخلوط بنزین و هوا که از هوا، بنزین بخارشده و ذرات ریز بنزین یا همان ذرات پودر شدهٔ بنزین تشکیل می‌شود، در صورت رسیدن به موتور محترق می‌شود.	کاربوراتور مکیده تبخیر
بنابراین در موتورهای بنزینی یا همان موتورهای اتو مخلوط بنزین و هوا که در وجود دارد به داخل سیلندر مکیده شده و در آنجا به‌علت جرقهٔ محترق می‌شود. اما اگر عملکرد موتورهای اتو را با موتورهای دیزلی مقایسه کنیم متوجه می‌شویم که مراحل عملکرد موتورهای دیزلی چهار زمانه (چهار ضربه‌ای) به صورت دیگری انجام می‌شود:	کاربوراتور شمع





در موتورهای دیزلی در زمان اول فقط هوای خالص مکیده می‌شود و در زمان دوم مکیده‌شده متراکم می‌گردد. هوای خالص

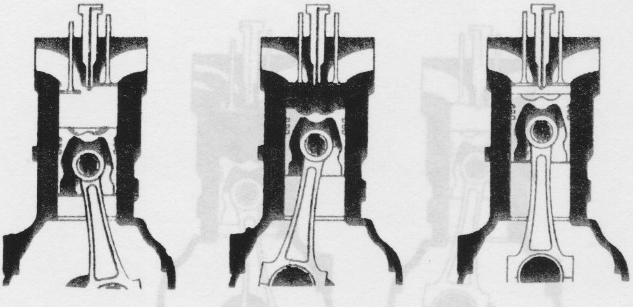
بنابراین می‌توان به‌طور خلاصه اختلاف موتورهای بنزینی با موتورهای دیزلی را چنین توصیف کرد که:

در موتورهای دیزلی سوخت دیزل و هوا در سیلندر مخلوط می‌شوند و مرحلهٔ احتراق آنها بدون استفاده از جرقهٔ شمع انجام می‌شود در حالی که در موتورهای اتو بنزین و هوا قبل از ورود به سیلندر حتماً باید مخلوط شده باشند و مرحلهٔ احتراق آنها نیز

به کمک جرقهٔ شمع انجام می‌شود.

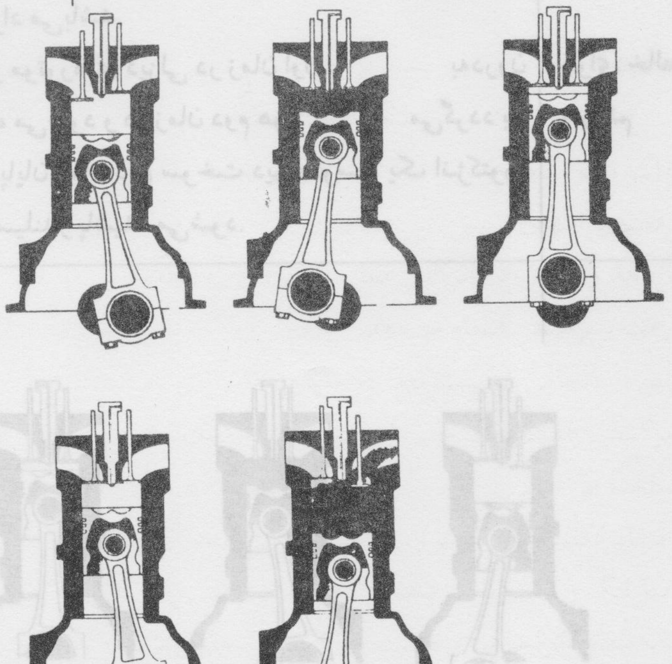
پس چون نسبت تراکم در موتورهای بنزینی (۹:۱ .... ۶) سوخت موتورهای بنزینی است در حالی که نسبت تراکم در موتورهای دیزلی (۲۵:۱ .... ۱۴) موتورهای دیزلی می‌باشد، بنابراین | نسبت تراکم | در موتور دیزلی بیشتر از | نسبت تراکم | در موتور اتو می‌باشد که البته به‌همین نسبت یعنی با توجه به بالا بودن نسبت تراکم، درجهٔ حرارت تراکم هوا نیز در سیلندر افزایش می‌یابد به‌طوری که درجهٔ حرارت تراکم هوا در موتورهای دیزلی ۹۰۰°C ... ۷۰۰ و در موتورهای اتو تقریباً ۴۵۰ درجهٔ سانتیگراد می‌باشد.

بنابراین در موتورهای دیزلی در زمان اول | هوای خالص | به‌درون سیلندر مکیده می‌شود و در زمان دوم هوا | متراکم | می‌گردد به طوری که در پایان زمان دوم سوخت دیزل توسط یک انژکتور (A) به درون سیلندر پاشیده می‌شود.



پس در این موتور دیزلی چهارزمانه در زمان اول فقط | هوای خالص | به‌داخل سیلندر مکیده می‌شود.

در زمان دوم هوای مکیده شده .... می‌شود.	متراکم
در پایان زمان دوم سوخت توسط .... به‌داخل سیلندر	انژکتور
پاشیده می‌شود و در نتیجه سوخت و هوای متراکم در	سیلندر
مخلوط می‌شوند به‌طوری که در این حالت درجهٔ حرارت هوای متراکم بسیار زیاد است یعنی آنچنان هوای متراکم داغ است که مخلوط خودش به‌طور خود به‌خودی محترق می‌شود و به‌همین علت‌نیز به‌منظور احتراق‌دیگر احتیاجی به‌استفاده از .... نیست.	جرقهٔ شمع



پس در این‌صورت عملکرد یک موتور دیزلی چهار زمانه

به‌طور خلاصه چنین توصیف می‌شود:	
در زمان اول به‌داخل سیلندر مکیده می‌شود.	هوای خالص
در زمان دوم هوای خالص مکیده شده به‌شدت	متراکم
می‌شود که در این حالت به‌علت عمل تراکم به	درجه حرارت
$700^\circ C$ تا $900^\circ C$ می‌رسد.	
در پایان زمان دوم یا همان زمان تراکم، سوخت توسط	انژکتور
به داخل سیلندر پاشیده می‌شود و سپس سوخت با هوای	
متراکم داغ شده مخلوط می‌گردد و به علت زیاد بودن درجهٔ	
حرارت، مخلوط سوخت دیزل و هوا به‌طور خود به‌خودی	
محترق می‌شود.	
بنابراین چون در زمان سوم سوخت محترق می‌شود، گاز	
محترق‌شده منبسط می‌گردد و به فشار می‌آورد که در	پیستون
نتیجه کار انجام می‌شود.	
و بالاخره در زمان چهارم گاز سوخته‌شده یا دود توسط	
پیستون از با فشار خارج می‌شود.	سیلندر

«پیستون»

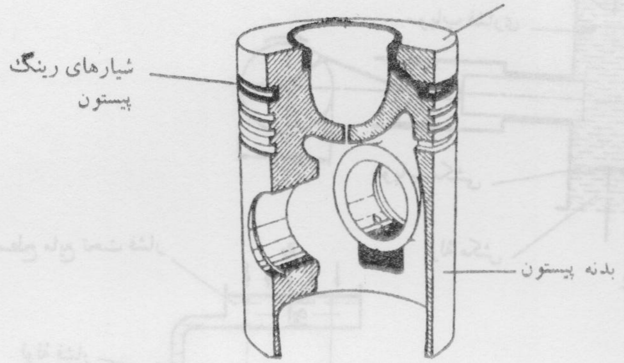
پیستون به‌صورت یک جسم استوانه‌ای شکلی ساخته می‌شود که در داخل سیلندر ماشین‌های پیستونی حرکت رفت و برگشتی انجام می‌دهد و چون پیستون به دستهٔ پیستون متصل شده و دستهٔ پیستون نیز به میل‌لنگ اتصال دارد در نتیجه حرکت پیستون به میل‌لنگ منتقل می‌شود که به‌همین علت نیز پیستون که قسمت متحرک موتور است به‌عنوان عامل انتقال قدرت شناخته می‌شود.

پیستون‌ها در صنعت کاربردهای مختلفی دارند از جمله به‌طور مثال استفاده از آنها در موتورهای پیستونی باعث تبدیل حرارت به نیروی مکانیکی می‌شود و یا در کمپرسورهای پیستونی از آنها به‌منظور تولید هوای فشرده استفاده می‌شود که در این حالت حرکت دورانی محور به حرکت خطی تبدیل می‌شود.

پیستون از نظر شکل ساختمانی شامل سر پیستون و بدنهٔ پیستون است به‌طوری که سر پیستون در قسمت بالای بدنهٔ پیستون قرار دارد و بر روی سطح جانبی بدنهٔ پیستون نیز شیارهایی تعبیه شده است که در داخل آنها رینگهای پیستون قرار می‌گیرند.

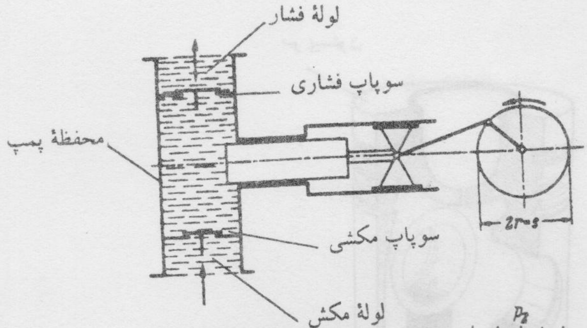
در موتورهای احتراق یا همان موتورهای دیزلی مقداری از حرارت سوخت به‌دلایل مختلف هدر می‌رود که از جمله در هنگام خروج دود و یا به علت ایجاد اصطکاک مقداری حرارت در سیلندر تلف می‌شود. بنابراین چون مقداری از حرارت در محفظهٔ احتراق تلف می‌شود. به‌همین علت نیز برای جلوگیری از انبساط پیستون بر اثر حرارت، پیستون را بیضی شکل می‌سازند به‌طوری که قسمت بالای پیستون که نزدیک محفظهٔ احتراق است دارای قطر کمتری نسبت به قسمت پایین پیستون می‌باشد که البته اندازهٔ قطر قسمت بالای پیستون با توجه به جنس فلز به‌کار رفته در پیستون در نظر گرفته می‌شود.

به‌علت بالا بودن درجه حرارت ناشی از احتراق، امروزه جنس پیستون موتورهای احتراق را تماماً از آلیاژهایی می‌سازند که نقطهٔ ذوب بالایی دارند مانند آلیاژ آلومینیوم و سیلیسیوم که مقدار کمی Ti، Ni، Mg، Cr، Co، Mn نیز به آن افزوده شده است.

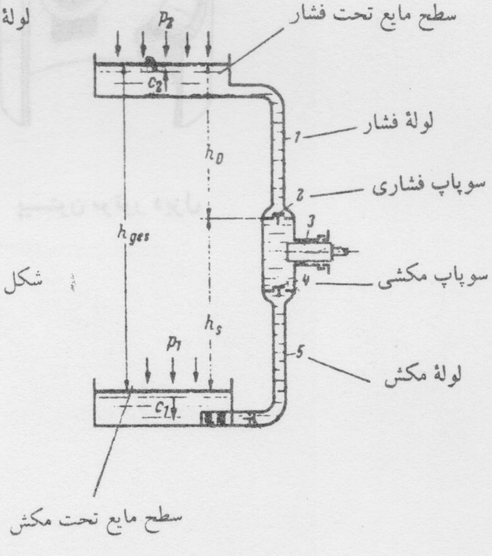


پیستون موتور دیزل

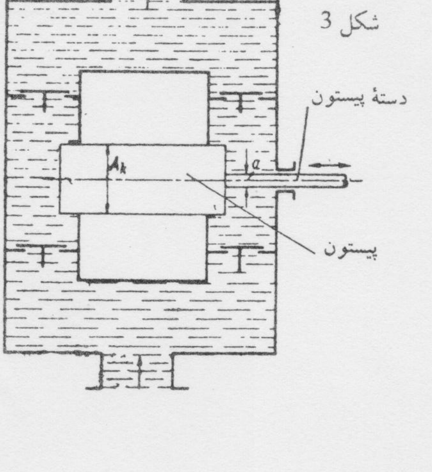
«پمپ»



شکل ۱



شکل 2



شکل 3

«پمپ پیستونی»

چون مایعات به عنوان سیالاتی شناخته می‌شوند که قابلیت تراکم ندارند، به‌همین علت نیز از آنها برای انتقال انرژی استفاده می‌شود به‌طور مثال در پمپ‌های پیستونی مایع تحت فشار دارای انرژی می‌شود بدین ترتیب که به‌علت عمل رانش یک پیستون که در داخل سیلندری حرکت می‌کند، پمپ پیستونی مایع را هدایت می‌کند به‌طوری که مایع در داخل محفظه بر اثر عمل پمپ دارای فشار می‌شود.

همان‌طور که در شکل   نشان داده می‌شود در ساختمان 2
پمپ، ارتفاع ستون مایع h_{ges} بر حسب متر محاسبه می‌شود به‌طوری که ارتفاع کل h که برابر با اختلاف سطح مایع تحت فشار با سطح مایع تحت مکش می‌باشد در رابطهٔ زیر با مجموع ارتفاع مکش h_S و ارتفاع فشار h_D می‌شود:

$$h_{ges} = h_S + h_D$$

«پمپ پیستونی یک کاره»

پیستون پمپ که توسط میل‌لنگ حرکت می‌کند مطابق شکل 1
دارای حرکت رفت و برگشتی می‌باشد به‌طوری که اگر به سمت راست حرکت کند (یعنی عمل مکش انجام شود) در آن صورت در اثر انجام این عمل در محفظهٔ پمپ خلاء ایجاد می‌شود که در نتیجه سوپاپ مکشی باز می‌شود و در اثر به‌وجود آمدن فشار اتمسفری هوا، مایع از طریق لولهٔ مکش به داخل محفظهٔ پمپ جاری می‌شود در حالی‌که سوپاپ فشاری در هنگام مکش به علت تقلیل فشاری که در لولهٔ فشار وجود دارد، بسته می‌شود اما در صورتی که پیستون به‌سمت چپ حرکت کند (یعنی عمل فشار انجام شود) در آن صورت سوپاپ مکشی به علت افزایش فشار که اکنون در محفظهٔ پمپ به‌وجود آمده، بسته می‌شود و پیستون مایع را از طریق سوپاپ فشاری که باز است به داخل لولهٔ فشار می‌راند.

بنابراین جریان انتقالی در صورتی که پیستون به‌سمت چپ حرکت و عمل مکش انجام نشود یعنی در حالتی که عمل فشار انجام شود در رابطهٔ زیر چنین بیان می‌شود:

$$V = A_k . S. n$$

در این رابطه A_k مساحت پیستون، S حجم کورس پیستون و

n تعداد دوران در ثانیه است.

«پمپ پیستونی دوکاره»

شکل 3 تصویر شماتیک یک پمپ پیستونی دوکاره را نشان می‌دهد. حال اگر در اینجا پیستون به سمت راست حرکت کند در آن‌صورت در قسمت سمت چپ پمپ عمل مکش انجام می‌شود در حالی که برعکس در سمت راست، مایع هدایت می‌شود اما اگر پیستون به سمت چپ حرکت کند در آن‌صورت در قسمت سمت راست پمپ، عمل مکش انجام می‌شود در حالی که در سمت چپ مایع هدایت می‌شود.

بنابراین در صورتی که پیستون به سمت راست حرکت کند، مقدار حجم جریان انتقالی برابر با $(A_k - a)_S$ می‌شود به‌طوری که مساحت دستهٔ پیستون a برحسب m^2 محاسبه می‌گردد و اما اگر پیستون به‌سمت چپ حرکت کند این مقدار برابر با $A_k.S$ می‌شود:

$$V = S\,(2A_k - a)n$$

n تعداد دوران در ثانیه است.

«پمپ پیستونی دوکاره»

شکل 3 تصویر شماتیک یک پمپ پیستونی دوکاره را نشان می‌دهد. حال اگر در اینجا پیستون به سمت راست حرکت کند در آن‌صورت در قسمت سمت چپ پمپ عمل مکش انجام می‌شود در حالی که برعکس در سمت راست، مایع هدایت می‌شود اما اگر پیستون به سمت چپ حرکت کند در آن‌صورت در قسمت سمت راست پمپ، عمل مکش انجام می‌شود در حالی که در سمت چپ مایع هدایت می‌شود.

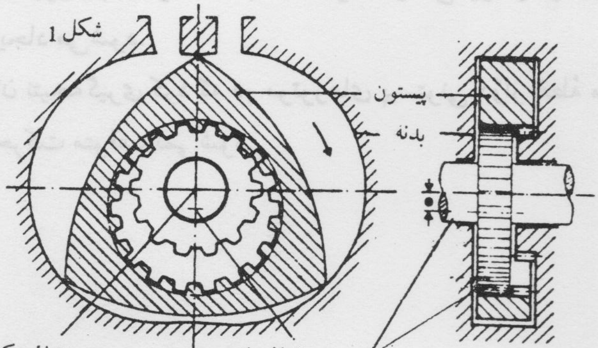
بنابراین در صورتی که پیستون به سمت راست حرکت کند، مقدار حجم جریان انتقالی برابر با $(A_k - a)_S$ می‌شود به‌طوری که مساحت دستهٔ پیستون a برحسب m^2 محاسبه می‌گردد و اما اگر پیستون به‌سمت چپ حرکت کند این مقدار برابر با $A_k.S$ می‌شود:

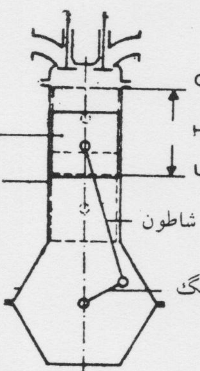
$$V = S\,(2A_k - a)n$$

بنابراین در سطح فوقانی پیستون دوّار، انرژی فشاری به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود و در نتیجه نیروی به‌وجود آمده به اکسنتر فشار می‌آورد و در محور اکسنتر نیروی گشتاوری ایجاد می‌شود.

بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در موتورهای پیستونی دوّار نقطهٔ مرگ پیستون وجود ندارد زیرا حرکت متوقف نمی‌شود.

شکل 1


پیستون
بدنه
نقطهٔ مرکزی بدنه
نقطهٔ مرکزی پیستون
محور اکسنتر
اکسنتر


OT نقطهٔ بالای مرگ پیستون
H
UT نقطهٔ پایین مرگ پیستون
پیستون
سیلندر
شاطون
میل‌لنگ
بدنهٔ میل‌لنگ

شکل 2

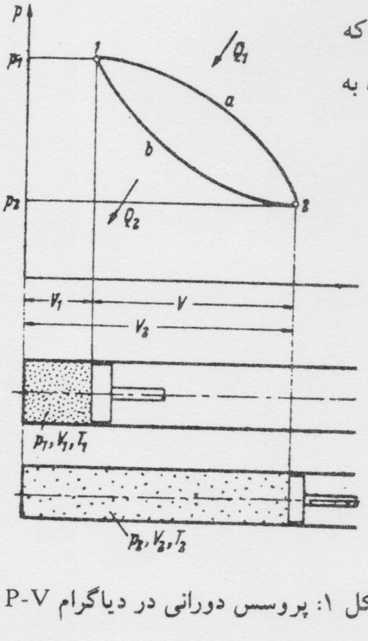
«راندمان حرارتی»

مطابق شکل ۱ گاز در سیلندر در وضعیت T_1، V_1 و P_1 قرار دارد و هنگام حرکت پیستون به‌طرف راست (مرحلهٔ انفجار) مقدار حرارت Q_1 به گاز اعمال می‌شود سپس وضعیت گاز مطابق منحنی a از 1 به 2 و درجهٔ حرارت از T_1 به T_2 تغییر می‌کند.

حال گاز مقدار حرارت Q_2 را در موقع برگشت پیستون از دست می‌دهد و وضعیتش مطابق منحنی b از 2 به 1 تغییر می‌کند به‌طوری که یک پروسس دورانی تشکیل می‌شود.

حال اگر مقدار حرارت Q_2 را به‌عنوان‌کار غیرمفید از دست‌رفته درنظر بگیریم، در آن صورت‌کارپروسس دورانی $W_k = Q_1 - Q_2$ به‌عنوان‌کارمفیدپس داده‌شده‌محسوب می‌شود.

بنابراین نسبت کار مفید پس داده شدهٔ پروسس دورانی (بدون اصطکاک) به حرارت اعمال شده به عنوان راندمان حرارتی شناخته می‌شود:

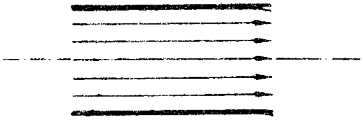


شکل ۱: پروسس دورانی در دیاگرام P-V

بازده حرارتی n+n بیان می‌کند که به چه نسبتی حرارت اعمال شده به کار تبدیل می‌شود.

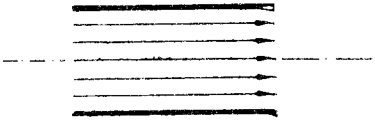
فصل پنجم

ماشین‌های جریان



در شکل بالا تصویر یک لوله نشان داده می‌شود که از آن مایع عبور می‌کند.

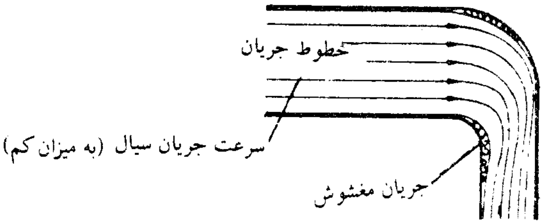
به عبارتی دیگر می‌توان گفت: در این لوله سیال جریان دارد.

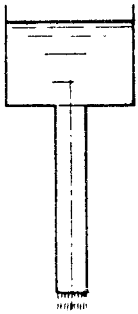


در این لوله سیال جریان دارد به طوری‌که سیال در حال جریان دارای سرعت معیّنی می‌باشد که آن را سرعت سیال (سرعت مایع) می‌نامند.

در این لوله نیز سیال جریان دارد.

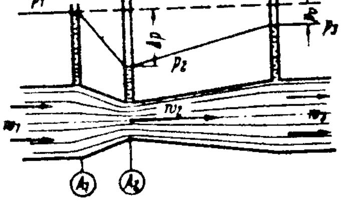
حال اگر جهت سیال و میزان سرعت جریان سیال در هر نقطه از مسیر حرکتش با زمان ثابت بماند، در آن صورت سرعت

جریان سیال ثابت است.	
	
از این لوله عبور می‌کند به‌طوری‌که جهت حرکت سیال به‌صورت خطوط جریان در تصویر نشان داده می‌شود.	جریان سیال
بنابراین ، خطوطی هستند که جهت آنها در هر ناحیه‌ای از مسیر جریان با جهت سرعت سیال در همان نقطه مطابقت دارد.	خطوط جریان
در این تصویر نشان داده می‌شود. اما آیا در اینجا سرعت سیال ثابت می‌باشد؟ بله یا خیر؟ در اینجا سرعت سیال ثابت است زیرا جهت حرکت و میزان سرعت سیال در هرناحیه‌ای از مسیرجریان‌با زمان ثابت‌می‌ماند.	خطوط جریان سیال ـ بله



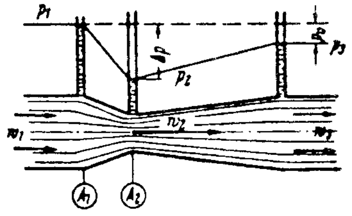
آب از این مخزن به خارج از آن جریان دارد.
آیا در اینجا سرعت خروج جریان ثابت است؟ بله یا خیر؟
سرعت خروج سیال از مخزن ثابت نمی‌باشد زیرا میزان سرعت خروج جریان آب با زمان ثابت نمی‌ماند.

خیر



در این تصویر که   را نشان می‌دهد، سرعت سیال ثابت است زیرا هم در مقطع A_1 و هم در مقطع A_2 میزان سرعت جریان و جهت حرکت سیال در هر لحظه ثابت می‌ماند.

خطوط جریان ـ سیال



این لوله شبیه به یک قیف یا مخروطی است.

آیا میزان فشار در مقطع A_1 با میزان فشار در مقطع A_2 برابر است؟ بله یا خیر؟

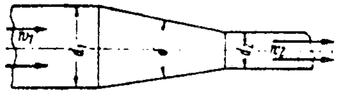
خیر

میزان فشار در A_2 کمتر از میزان فشار در A_1 است که به همین علت نیز سرعت جریان A_2 بیشتر از میزان سرعت جریان در A_1 می‌شود. زیرا هرچه از A_1 به A_2 نزدیک‌تر می‌شویم میزان مقطع لوله کمتر می‌شود و به عبارتی دیگر مقطع لوله تنگ‌تر می‌گردد.

بنابراین در مقطع A_2 که لوله تنگ‌تر است، میزان .... نسبت به A_1 کمتر و به همان نسبت میزان .... در A_2 نسبت به A_1 بیشتر می‌شود.

فشار سیال

سرعت جریان سیال

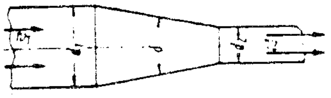


در این لوله هرچه از سمت چپ به طرف سمت راست نزدیک‌تر شویم، مقطع لوله تنگ‌تر می‌شود.

از آنجایی‌که تغییر مقطع در مسیر لوله سبب تغییر سرعت جریان می‌شود بنابراین در این لوله میزان .... در مقطع تنگ‌تر افزایش می‌یابد.

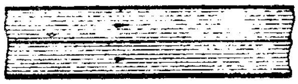
در صورت ثابت بودن سرعت جریان از مقطع معیّنی به طور مثال مانند A_1 در هر لحظه مقدار مایع معیّنی عبور می‌کند.

سرعت جریان
سیال



در این لوله، سیال از مقاطع مختلفی عبور می‌کند به‌طوری‌که مقطع d_2 از مقطع d_1 کوچک‌تر می‌باشد که به همین دلیل نیز .... با تنگ‌تر شدن مقطع افزایش می‌یابد و به همان نسبت نیز میزان .... فشار سیال در مقطع کوچک‌تر کاهش پیدا می‌کند.

سرعت جریان
سیال ـ فشار سیال

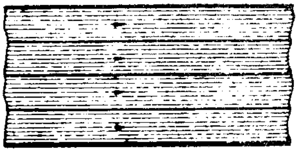
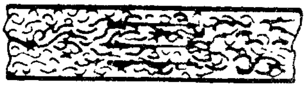


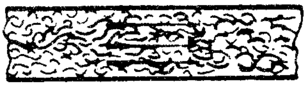
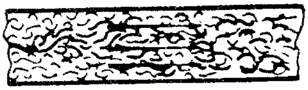
در این لوله .... ثابت می‌باشد زیرا مایع از مقاطع یکسانی عبور می‌کند.

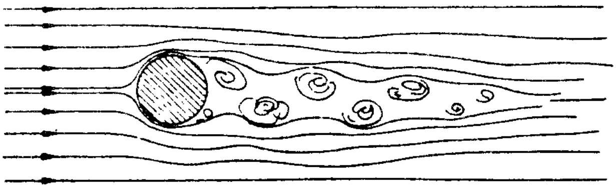
حال از آنجایی‌که جریان یکنواختی با سرعت ثابت از این لوله عبور می‌کند، به همین علت لایه‌های سیال نیز به‌طور موازی با هم حرکت کرده و با یکدیگر تداخل نمی‌کنند.

به عبارتی دیگر می‌توان گفت که این لایه‌های سیال دارای

سرعت جریان
سیال

یک «جریان آرام» می‌باشند.	
 در اینجا لایه‌های سیال به‌طور موازی با هم حرکت می‌کنند و دارای یک جریان آرام هستند که به آن «جریان لامینار» (Laminar) می‌گویند. همچنین در این لوله سرعت سیال نیز ثابت می‌باشد. بنابراین در صورتی‌که تغییر مقطع سیال در مسیر لوله وجود نداشته باشد، سرعت جریان سیال در تمام مقاطع با زمان ثابت می‌باشد.	جریان آرام
 آیا در شکل بالا تصویر یک جریان لامینار نشان داده می‌شود؟ بله یا خیر؟ همان‌طور که در تصویر مشاهده می‌شود، سیال دارای یک نیست زیرا لایه‌های سیال به‌طور موازی با هم حرکت نمی‌کنند و به یکدیگر تداخل دارند که به همین دلیل این نوع جریان چرخان را «جریان توربولان» (Turbulent) می‌نامند.	خیر جریان لامینار

 این شکل یک جریان توربولان را نشان می‌دهد زیرا برخلاف جریان لامینار در جریان توربولان لایه‌های سیال به‌طور موازی با هم حرکت نمی‌کنند و به یکدیگر تداخل دارند. البته به جریان توربولان همچنین جریان مغشوش نیز گفته می‌شود. بنابراین جریان مغشوش در صورتی تشکیل می‌شود که سرعت حرکت لایه‌های سیال از حد معینی تجاوز کند که در این حالت جهت حرکت جریان سیال درهم و نامنظم می‌باشد.	جریان توربولان جریان توربولان
 این شکل نیز متعلق به یک جریان توربولان است. بنابراین جریان‌های مغشوش در صورتی ایجاد می‌شوند که سرعت لایه‌های سیال در لوله‌ای که دارای مقاطع یکسانی می‌باشد، از حد معینی تجاوز کند.	جریان توربولان



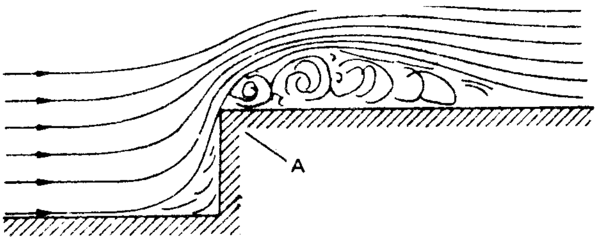
اگر جسمی در یک لوله مطابق شکل بالا توسط سیال احاطه شود، آیا جریان توربولان ایجاد می‌شود؟ بله یا خیر؟

بله

در این حالت در پشت جسم جریان .... تشکیل می‌شود.

توربولان

جریان مغشوش همان‌طور که در تصویر نیز مشخص شده است به این علت ایجاد می‌شود که ذرات سیال از روی سطح جسم در هنگام حرکت جدا شده و درنتیجه جهت جریان در پشت جسم نامنظم و درهم می‌گردد.

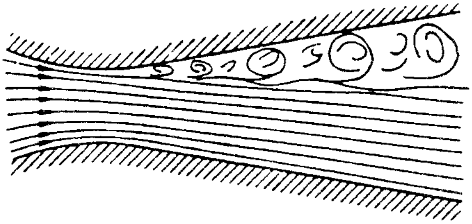


آیا در شکل بالا نیز جریان توربولان وجود دارد؟ بله یا خیر؟

بله

در اینجا یعنی در ناحیهٔ (A) که دارای حالت گوشه داری می‌باشد، حالت جدایی جریان به‌وجود آمده است زیرا سیال در این ناحیه از قسمت بالای دیواره به صورت درهم و نامنظم

حرکت می‌کند به طوری‌که جهت حرکت ذرات سیال نامنظم می‌شود و سرعت سیال نیز ثابت نمی‌باشد.

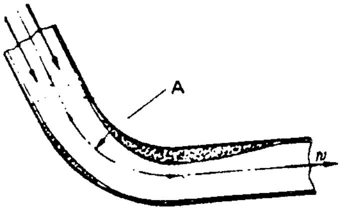


آیا در این تصویر جریان توربولان تشکیل شده است؟ بله یا خیر؟

بله

جریان سیال در ناحیه‌ای به صورت جریان .... درآمده است زیرا در ناحیهٔ سطح بالای دیواره، ذرات به‌طور درهم و نامنظم حرکت می‌کنند و از سطح روی دیواره جدا می‌شوند.

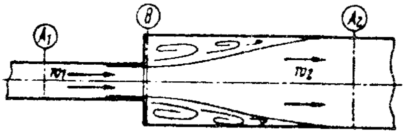
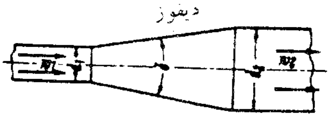
توربولان

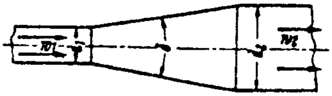
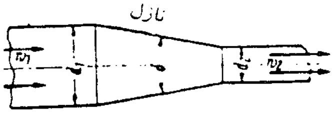


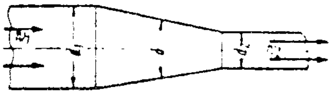
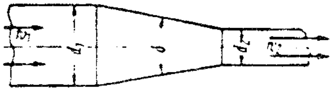
آیا در این لولهٔ خمیده جریان توربولان ایجاد شده است؟ بله یا خیر؟

بله

در ناحیهٔ داخلی لولهٔ خمیده (A) جریان توربولان تشکیل شده است به‌طوری‌که ذرات سیال در این حالت از روی سطح جدارهٔ لوله جدا می‌شوند که به آن «ناحیهٔ جدایی» می‌گویند.

ذرات سیال در ناحیهٔ .... از روی سطح جدارهٔ لوله جدا می‌شوند. درنتیجه ذرات سیال در مسیر مشخصی حرکت نمی‌کنند و دارای حرکت نامنظم و مغشوشی می‌شود که به همین علت نیز ذرات سیال انرژی خود را از دست می‌دهند.	جدایی
 آیا میزان انرژی سیال در مقطع A_2 با میزان انرژی سیال در مقطع A_1 برابر است؟ بله یا خیر؟ در مقطع A_2 میزان انرژی سیال نمی‌تواند به اندازهٔ میزان انرژی سیال در مقطع A_1 باشد زیرا سیال به علت تشکیل جریان مغشوش در ناحیهٔ جدایی قسمتی از .... خود را از دست می‌دهد. بنابراین در لوله‌هایی که مقطع آنها در طول مجرا به‌طور نامنظم تغییر می‌کند، به‌علت ایجاد جریان مغشوش .... تلف می‌شود.	خیر انرژی انرژی سیال
 مقطع این لوله نیز در طول مجرا افزایش می‌یابد. آیا افزایش مقطع لوله در طول مجرا به‌طور نامنظم است؟ بله	

یا خیر؟ افزایش مقطع لوله در طول مجرا منظم می‌باشد که به همین علت نیز تغییر ناگهانی در سرعت سیال ایجاد نمی‌شود. آیا سرعت سیال در مقطع d_1 بیشتر است یا در مقطع d_2؟ سرعت سیال در مقطع d_1 بیشتر از مقطع d_2 می‌باشد. از آنجایی‌که مقطع d_1 تنگ‌تر از مقطع d_2 است، به همین علت میزان در مقطع d_2 افزایش می‌یابد.	حیر فشار سیال
بنابراین در صورتی‌که در یک لوله با مجرای مستقیم، میزان افزایش مقطع لوله یا به عبارتی دیگر گشاد شدن تدریجی لوله به‌طور نامنظم باشد، آن را «دیفوزر» (Diffuser) می‌نامند که در این حالت انرژی جنبشی سیال تبدیل به انرژی فشاری می‌شود.	
 در تصویر بالا این لوله حالت یک را دارد زیرا لوله به‌طور تدریجی گشاد می‌شود. به‌طوری‌که افزایش سطح مقطع لوله منظم می‌باشد درنتیجه به تدریج به میزان افزوده شده و از میزان کاسته می‌شود.	دیفوزر سرعت جریان سیال ـ فشار سیال
 	

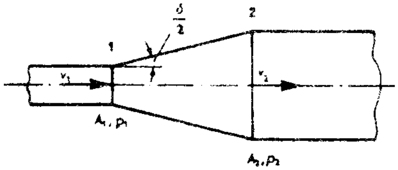
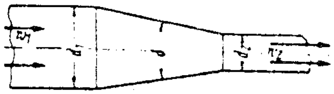
آیا تغییر مقطع در مجرای این لوله به صورتی است که لوله حالت یک دیفوزر را پیدا می‌کند؟ بله یا خیر؟ این لوله حالت یک دیفوزر را ندارد زیرا نه تنها مقطع لوله به تدریج گشادتر نمی‌شود بلکه مقطع لوله به تدریج تنگ‌تر نیز می‌گردد و درنتیجه لوله حالت یک «شیپوره» یا «نازل» (Nozzle) را پیدا می‌کند.	خیر
 این لوله به شکل یک می‌باشد. در یک مقطع لوله به‌طور منظم کاهش می‌یابد که در این صورت افزایش و در سیال ایجاد می‌شود. بنابراین یک اختلاف فشار در d_1 و d_2 به‌وجود می‌آید به طوری‌که هرچه از d_1 به d_2 نزدیک‌تر شویم، میزان فشار سیال کاهش می‌یابد و بین d_1 و d_2 افت فشار ایجاد می‌شود و به‌عبارتی دیگر سرعت سیال به علت ایجاد افت فشار، افزایش می‌یابد.	نازل نازل سرعت ـ فشار
 چون این لوله نیز حالت یک را دارد، به همین علت بین d_1 و d_2 ایجاد شده است به‌طوری‌که به علت ایجاد جریان سیال سرعت می‌گیرد.	شیپوره افت فشار افت فشار

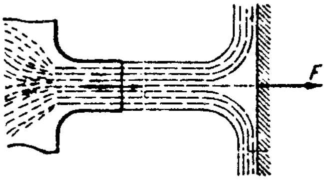
«دیفوزر»

متن	حاشیه
یک دیفوزر مانند کانالی است که میزان سطح مقطع آن به	
تدریج در طول مجرا به طور منظم می‌یابد به‌طوری‌که	افزایش
هرچه از قسمت مجرا به طرف قسمت نزدیک	تنگ‌تر ـ گشادتر
شویم، از میزان سیال کاسته شده و به میزان	سرعت ـ فشار
سیال افزوده می‌گردد.	
عملکرد جریان سیال ازنظر تغییرات سرعت و فشار سیال	
در دیفوزرها درست برخلاف عملکرد جریان سیال در نازل‌ها	
می‌باشد و همچنین در دیفوزرها انرژی جنبشی سیال تبدیل به	
انرژی فشاری می‌شود.	

«نازل»

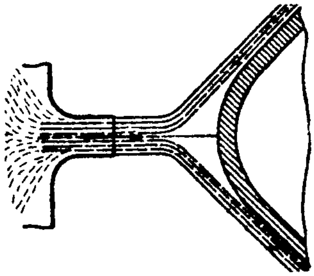
متن	حاشیه
یک نازل یا شیپوره مانند کانالی است که میزان سطح مقطع	
آن به تدریج در طول مجرا به‌طور منظم کاهش می‌یابد	کاهش
و به عبارتی دیگر مقطع لوله به تدریج می‌شود به	تنگ‌تر
طوری که هر چه از قسمت مجرا به طرف قسمت	گشادتر
نزدیک می‌شویم، از میزان سیال کاسته می‌شود	تنگ‌تر ـ فشار
و در واقع افت فشار به‌وجود می‌آید و درنتیجه سیال به	سرعت
علت ایجاد افت فشار، افزایش می‌یابد و سیال شتاب می‌گیرد.	
در نازل‌ها انرژی فشاری به انرژی حرکتی تبدیل می‌شود.	

دیفوزر	
نازل	

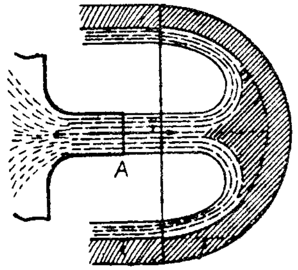


در انتهای این لوله یک نازل قرار دارد.

همان‌طور که در تصویر مشاهده می‌شود، خطوط جریان سیال در هنگام خروج از سیال نشان داده می‌شود. بدین ترتیب که از نازل عبور کرده و از آن خارج می‌شود.

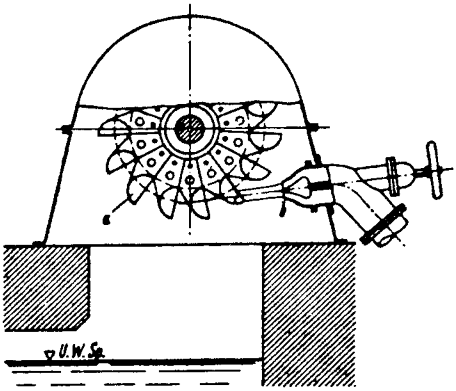


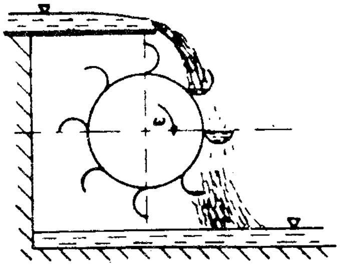
از این نازل عبور کرده و از آن خارج می‌شود. سپس خطوط جریان سیال پس از خروج از نازل به یک دیوارهٔ قوسی شکل برخورد کرده و به آن نیرو اعمال می‌کند.	خطوط جریان

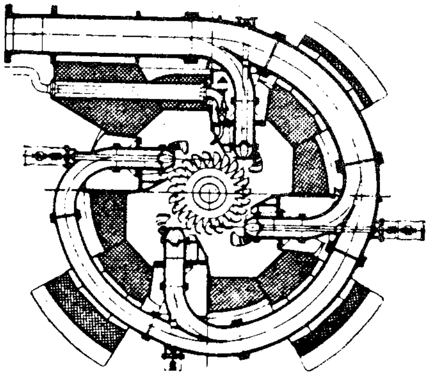


خطوط جریان سیال | از این نازل نیز عبور کرده و از آن خارج می‌شود.

در اینجا خطوط جریان سیال پس از خروج از دهانهٔ نازل (A) به‌یک دیوارهٔ قوسی شکل برخورد کرده و جهت حرکت آن تغییر می‌کند. به این‌صورت که خطوط جریان سیال در هنگام برخورد به دیواره با ۱۸۰ درجه تغییر برمی‌گردد.



از دهانهٔ نازل (b) جریان سیال خارج شده و سپس به پره‌های چرخ توربین که در تصویر با علامت (a) نشان داده می‌شود، برخورد می‌کند به‌طوری‌که براثر برخورد سیال به پره‌ها، در جهت عقربهٔ ساعت حرکت می‌کند. بنابراین برخورد سیال به پره‌ها، محوری را به حرکت درمی‌آورد که پره‌ها بر روی آن سوار شده‌اند و بدین ترتیب براثر حرکت توربین، انرژی سیال به صورت حرکت گشتاوری بر روی منتقل می‌شود.	چرخ توربین محور توربین
 در اینجا تصویر یک چرخ توربین آبی نشان داده می‌شود به‌طوری‌که بر روی این چرخ توربین آبی، پره‌هایی سوار شده‌اند که جریان سیال به آنها برخورد کرده و در اثر برخورد سیال به ضربه وارد می‌شود.	پره‌ها

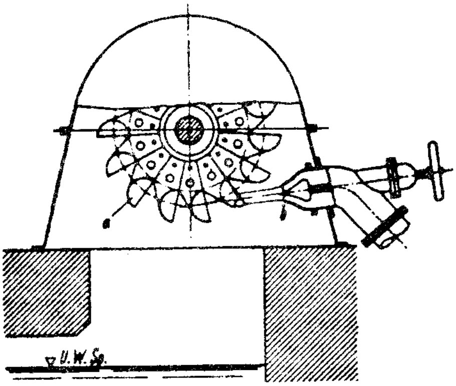


این شکل یک   را نشان می‌دهد. | چرخ توربین آبی

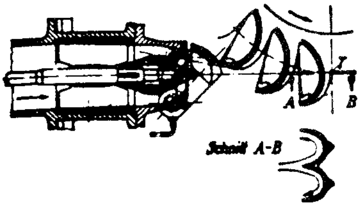
در این توربین جریان سیال پس از خروج از چهار   به | شیپوره

سوی پره‌های چرخ توربین هدایت می‌شود و چرخ توربین بر اثر برخورد سیال به پره‌هایش، در جهت حرکت عقربهٔ ساعت حرکت می‌کند.

این چرخ توربین را که به‌طور ثابت بر روی یک محور قرار گرفته و حرکت چرخ باعث حرکت محورش می‌شود، یک «چرخ متحرک» نامیده می‌شود.

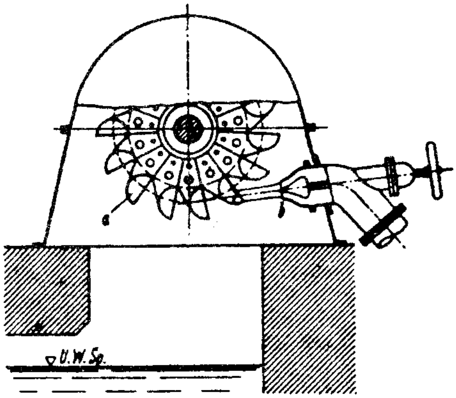


جریان‌سیال پس از خروج از یک به‌سوی پره‌های متحرک توربین هدایت می‌شود و براثر برخورد جریان سیال به‌پره‌های متحرک توربین ضربه وارد می‌شود.	نازل
برخورد جت سیال به پره‌های متحرک توربین که به طور ثابت بر روی یا رتور توربین قرار دارند، سبب دوران محور می‌شود و بدین ترتیب انرژی هیدرولیکی سیال به صورت حرکت گشتاوری به محور توربین منتقل می‌شود.	چرخ متحرک
بنابراین پره‌هایی راکه به‌طور ثابت بر روی رتور توربین قرار دارند، «پره‌های رتور» نامیده می‌شوند.	

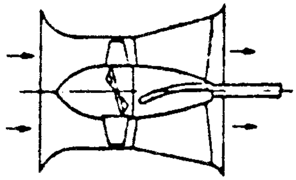


جـــریان ســـیال پس از خـــروج از یک نـــازل بـــه ســـوی
هدایت‌شده و بر اثر برخورد جت سیال پره‌های‌رتوررتوربین-
به ضربـه وارد می‌شـود که در اثر این عمل پره‌های‌رتوررتوربین-
برخلاف جهت عقربهٔ ساعت می‌چرخد. رتور توربین

به‌طور کلی توربین‌ها باتوجه به جهت عبور جریان سیال در رتور یا به عبارتی دیگر بر اساس جهت برخورد سیال به پره‌های رتور طبقه‌بندی می‌شوند که در اینجا به این نوع توربین که جهت برخورد سیال به رتور توربین در جهت شعاع رتور قرار دارد یا به عبارتی عمود بـر مـحور گـردش رتـور است، «تـوربین جـریان شعاعی» گفته می‌شود.



جـــریان ســـیال پس از خـروج از یک نـازل بـه سـوی	
...... هدایت‌شده و براثر برخورد جت سیال	پره‌های‌رتورتوربین-
به ...... ضربه وارد می‌شود که در اثر این عمل	پره‌های‌رتورتوربین-
...... در جهت حرکت عقربهٔ ساعت می‌چرخد.	رتور توربین
این‌نوع توربین که جهت برخورد سیال به رتورش در جهت	
شعاع رتور قرار دارد، ...... نامیده‌می‌شود.	توربین‌جریان‌شعاعی

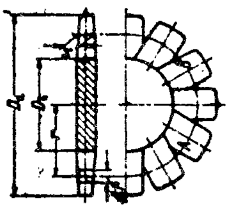


آیا به توربینی که در تصویر بالا نشان داده می‌شود، یک	
توربین جریان شعاعی گفته می‌شود؟ بله یا خیر؟	خیر
این یک ...... نمی‌باشد چون جهت برخورد سیال	توربین‌جریان‌شعاعی

به رتور توربین در امتداد شعاع رتور یا به‌عبارتی دیگر عمود بر محور دوران رتور نیست بلکه در جهت موازی محور گردش رتور قرار دارد که در این صورت چنین توربینی به عنوان «توربین جریان محوری» شناخته می‌شود.

بنابراین توربین جریان محوری توربینی است که جهت برخورد سیال به رتور توربین در جهت ______ محور دوران رتور یا به‌عبارتی در امتداد محور دوران رتور قرار دارد.

موازی

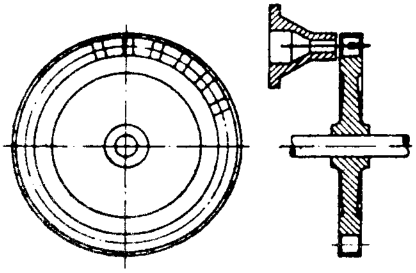


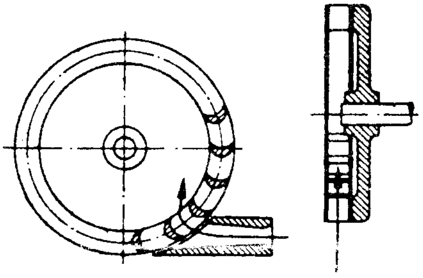
در اینجا تصویر رتور یک ______ نشان داده می‌شود.

دراین ______ جهت عبور جریان سیال درجهت موازی محور دوران رتور قرار دارد.

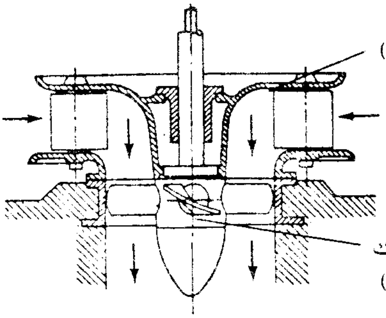
توربین جریان محوری

توربین جریان محوری





در سمت چپ تصویر یک نشان داده می‌شود به‌طوری‌که جهت عبور جریان سیال در جهت محور دوران رتور قرار دارد در حالی‌که در سمت راست تصویر یک نمایش داده می‌شود.	توربین جریان محوری ـ موازی توربین جریان شعاعی



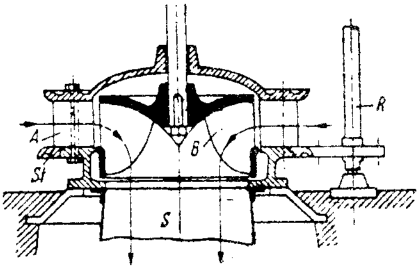
این توربین آبی که در تصویر مشاهده می‌شود مربوط به یک است. — توربین جریان محوری

در لحظه‌ای که در توربین، سیال به پره‌های رتور برخورد می‌کند، جهت برخورد سیال به رتور توربین در جهت محور دوران رتور قرار دارد یعنی در جهت امتداد محور دوران رتور است. — موازی

اما آیا جهت عبور جریان سیال در هنگام ورود به توربین نیز در جهت موازی محور دوران رتور قرار دارد؟ بله یا خیر؟ — خیر

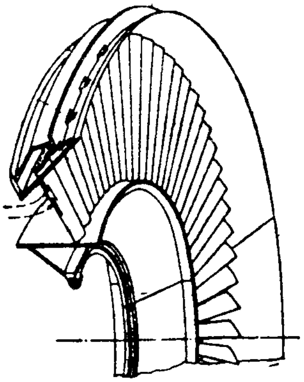
جهت ورود جریان سیال به داخل توربین در جهت موازی محور دوران رتور قرار ندارد. بلکه جهت ورود جریان سیال به داخل پره‌های راهنما در جهت بر محور گردش رتور قرار می‌گیرد یعنی در جهت شعاع محور دوران رتور است. پس به این نتیجه می‌رسیم که اگر قرار شود جریان سیال به صورت محوری وارد رتور شود باید سیال تغییر جهت دهد. به عبارتی — عمود

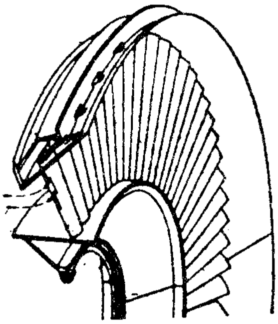
دیگر برای آنکه جهت برخورد سیال به پره‌های رتور در جهت موازی محور دوران رتور قرار گیرد باید سیال پس از ورود به پره‌های راهنما تغییر جهت دهد.	

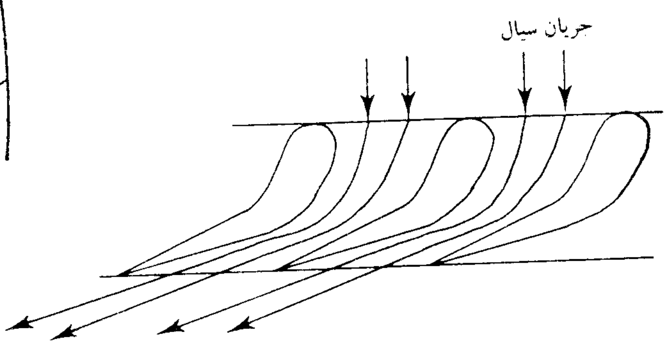


در این توربین نیز جهت برخورد سیال در هنگام خروج از پره‌های راهنما تغییر می‌کند به‌طوری‌که جهت سیال در هنگام ورود به‌داخل پره‌های راهنما در جهت شعاع محور دوران رتور قرار دارد سپس سیال تغییر جهت داده و در جهت امتداد محور دوران رتور به‌پره‌های رتور برخورد می‌کند.

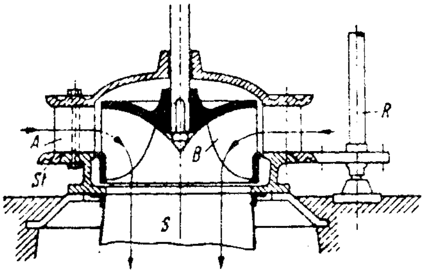
پس نتیجه می‌گیریم چون سطح مقطع بین پره‌های راهنما قابل تغییر می‌باشد، در این صورت تغییر جهت جریان سیال در بین پره‌های راهنما انجام می‌شود که تصویر شماتیکی از آن در اینجا نشان داده می‌شود:

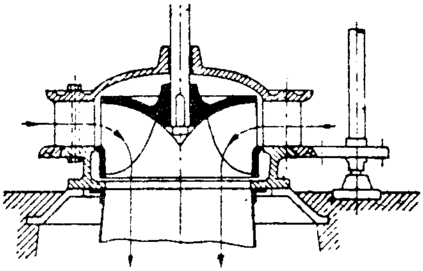


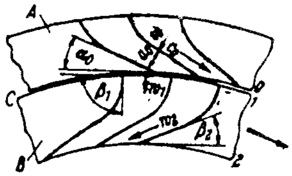




در اینجا قسمتی از پره‌های راهنمای یک توربین آبی نشان داده می‌شود.

، پره‌هایی هستند که سیال از میان آنها عبور می‌کند. این پره‌ها ساکن می‌باشند و به آنهاغ پره‌های ساکن استاتور نیز گفته می‌شود.	پره‌های راهنما
همچنین چون سطح مقطع بین قابل تغییر می‌باشد و در واقع پره‌های راهنما قابلیت تنظیم شدن دارند به همین علت سیال در هنگام عبور از پره‌های راهنما تغییر جهت می‌دهد و سرعت می‌گیرد. در شکل سمت راست که تصویر شماتیکی از پره‌های راهنما را نشان می‌دهد، جریان سیال در هنگام عبور از بین پره‌ها همان‌طور که از یک نازل عبور می‌کند، شتاب می‌گیرد و سپس جریان سیال تغییر جهت داده به سوی پره‌های رتور هدایت می‌شود.	پره‌های راهنما
	
در این توربین آبی در ابتدا جریان سیال از میان (A) عبور می‌کند. سپس جریان سیال در هنگام عبور از بین پره‌های راهنما تغییر جهت داده و سرعت می‌گیرد و بعد به سوی هدایت می‌شود.	پره‌های راهنما پره‌های رتور





تصویر سمت راست مربوط به پره‌های توربینی است که در تصویر سمت چپ نشان داده می‌شود.

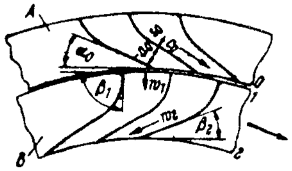
در این توربین ______ با علامت A و ______ با علامت B در تصویر نشان داده می‌شود.

پره‌های ساکن ـ پره‌های متحرک

جریان سیال در این نوع توربین نه تنها در هنگام عبور از پره‌های راهنما بلکه در پره‌های رتور نیز شتاب می‌گیرد.

بنابراین توربین‌هایی که در آنها جریان سیال هم در هنگام عبور از ______ و هم در موقع عبور از ______ سرعت می‌گیرد، توربین‌های عکس‌العملی نامیده می‌شوند.

پره‌های راهنما ـ پره‌های رتور



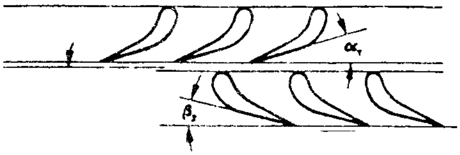
در این شکل طرح شماتیکی از ______ یک نوع توربینی نشان داده می‌شود که به آن ______ می‌گویند زیرا جریان

پره‌های ـ توربین عکس‌العملی

سیال در هنگام عبور از .... نیز سرعت می‌گیرد یعنی در واقع جریان سیال دو بار شتاب می‌گیرد.

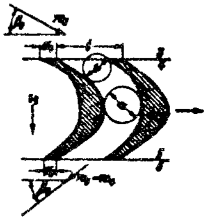
بنابراین توربین‌هایی که جریان سیال هم در هنگام عبور از پره‌های راهنما و هم از پره‌های رتور سرعت می‌گیرد، به‌طوری‌که انرژی فشاری سیال به انرژی حرکتی تبدیل می‌شود، توربین‌های عکس‌العملی نامیده می‌شوند.

پره‌های رتور



جریان سیال در هنگام عبور از پره‌های ساکن استاتور و پره‌های متحرک رتور این .... شتاب می‌گیرد به طوری‌که انرژی فشاری سیال به انرژی حرکتی تبدیل می‌شود.

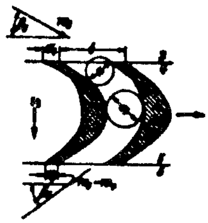
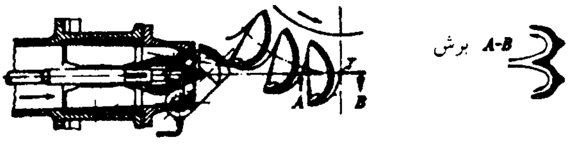
توربین عکس‌العملی



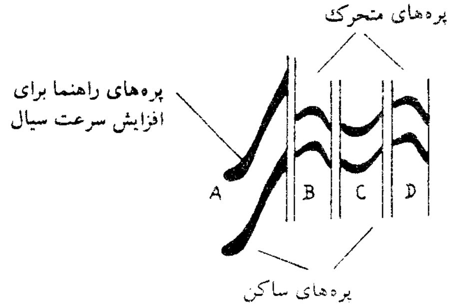
آیا شکل بالا تصویر پره‌های یک توربین عکس‌العملی را نشان می‌دهد؟ بله یا خیر؟

خیر

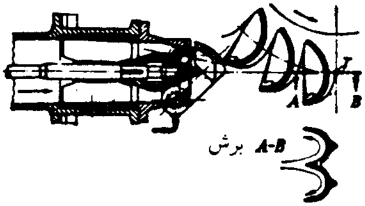
پره‌های این توربین از نوع پره‌های توربین عکس‌العملی

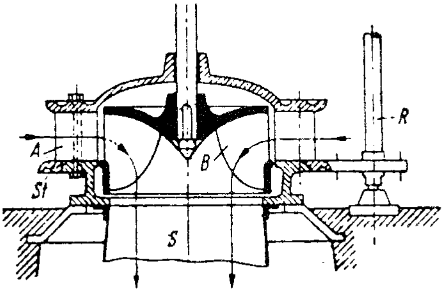
نیست. در این توربین سطح مقطع بین پره‌ها ثابت می‌باشد که در این حالت میزان سرعت سیال و همچنین میزان فشار سیال در هنگام عبور از بین پره‌ها ثابت می‌ماند. بنابراین چنین توربینی را یک «توربین ضربه‌ای» می‌نامند.	
 در اینجا نشان داده می‌شود. در این اگرچه جهت جریان سیال در هنگام عبور ازمیان پره‌ها تغییر می‌کند امامیزان سرعت و فشارسیال ثابت می‌ماند.	پره‌های یک توربین ضربه‌ای ـ توربین ضربه‌ای
 تصویر سمت راست طرح شماتیکی از پره‌های یک توربین پلتون (Pelton) است که در تصویر سمت چپ نشان داده می‌شود.	

آیا پره‌های این توربین متعلق به یک توربین ضربه‌ای می‌باشد؟ بله یا خیر؟	بله
توربین پلتون از نوع ___ است زیرا جریان سیال در هنگام عبور از پره‌های پلتون فقط تغییر جهت می‌دهد در حالی‌که میزان ___ و ___ سیال تغییر نمی‌کند.	توربین ضربه‌ای سرعت ـ فشار
بنابراین در ___ میزان سرعت سیال در موقعی که از نازل خارج شده و وارد توربین می‌شود برابر میزان همان سرعتی است که سیال در هنگام خروج از توربین دارد.	توربین پلتون
به عبارتی دیگر میزان ___ جریان سیال در هنگام ورود به توربین برابر میزان ___ سیال در هنگام خروج از توربین می‌باشد و همچنین میزان ___ سیال درهنگام ورود به توربین با میزان ___ سیال در موقع خروج از توربین برابر است.	سرعت سرعت فشار فشار



در شکل بالا طرح شماتیکی از پره‌های یک توربین Curtis نشان داده می‌شود که از نوع توربین ضربه‌ای می‌باشد. عبور جریان سیال از پره‌های این توربین بدین ترتیب است که در ابتدا جریان سیال از ___ A عبور کرده و درآنجا جهت مسیر سیال تغییر می‌کند و سیال شتاب می‌گیرد سپس	 پره‌های راهنما

سیال به سوی B هدایت شده و از میان پره‌های رتور عبور می‌کند. (در این حالت میزان سرعت ورودی سیال با سرعت خروجی سیال برابر می‌باشد و همچنین فشار ورودی سیال نیز با فشار خروجی سیال برابر است.) سرانجام جریان سیال دوباره از میان پره‌های راهنما C عبورکرده و در آنجا جهت مسیر سیال تغییر می‌کند و سپس سیال از میان پره‌های رتور D عبور می‌کند. بنابراین چون از این توربین، جریان سیال از دو ردیف پرهٔ متحرک عبور می‌کند به همین علت به آن یک «توربین دو مرحله‌ای» می‌گویند.	پره‌های رتور
 در اینجا طرح شماتیکی از یک توربین پلتون (Pelton) نشان داده می‌شود که دارای یک ردیف پرهٔ متحرک می‌باشد. بنابراین چون این دارای ردیف پرهٔ رتور است، به آن «توربین یک مرحله‌ای» گفته می‌شود. این توربین ضربه‌ای پلتون با آب کار می‌کند و از نوع توربین آبی می‌باشد.	توربین پلتون ـ یک



یک مرحله‌ای

در اینجا تصویر شماتیکی از یک توربین ضربه‌ای نشان داده می‌شود.

چون این توربین با آب کار می‌کند، به همین علت جزو توربین‌های آبی محسوب می‌شود.

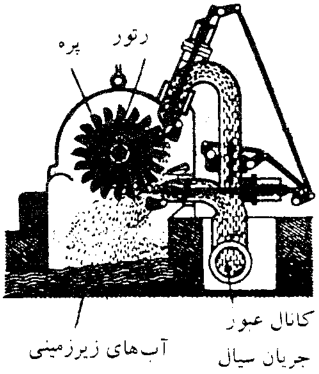
بنابراین توربین‌های آبی می‌توانند هم از نوع توربین ضربه‌ای و هم از نوع توربین عکس‌العملی باشد.

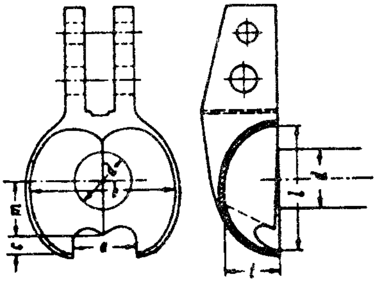
توربین پلتون (چرخ پلتون)

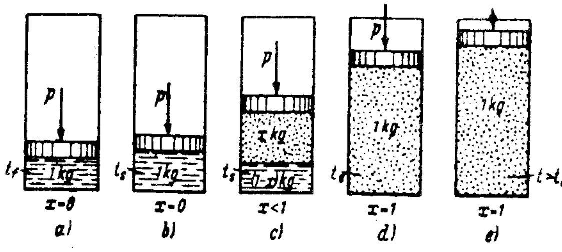
توربین آبی پلتون جزو توربین‌های محسوب می‌شود آبی
و در این نوع توربین‌ها انرژی سیال در هنگام عبور از هیدرولیکی
پره‌های توربین به انرژی تبدیل می‌شود. بدین صورت حرکتی
که از یک یا چند خارج می‌شود و به پره‌های چرخ پلتون نازل
برخورد کرده سبب به‌حرکت درآوردن محور توربین می‌گردد.

در اینجا همان‌طور که در تصویر نیز مشاهده می‌شود، بر
روی چرخ پلتون پره‌هایی به فرم قاشقک (پیاله‌ای شکل) نصب
شده است که جریان سیال پس از خروج از یک یا چند به نازل
قاشقک‌ها برخورد می‌کند و براثر برخورد جت سیال به
قاشقک‌ها، فشار سیال سبب حرکت قاشقک‌ها می‌شود و
درنتیجه محور توربین را به‌حرکت درمی‌آورد. بدین ترتیب با این
عمل توربین از سیال انرژی می‌گیرد. البته مقداری از رتور
انرژی سیال در نازل‌ها به‌صورت اصطکاک تلف می‌شود که با
توجه به این افت انرژی، میزان راندمان در توربین پلتون می‌تواند
تا ۹۰٪ برسد.

اگر دراثر اعمال حرارت به آب، درجهٔ حرارت آب تحت فشار یک بار (bar) به ۱۰۰°C برسد، در آن صورت مایع تبدیل به بخار می‌شود و مشابه گاز رفتار می‌کند.





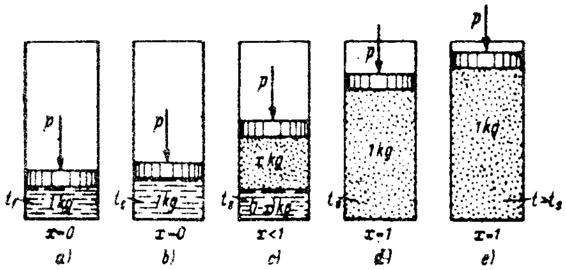


در شکل‌های a تا e که در اینجا نشان داده می‌شود، یک کیلوگرم بخار آب در فشار ثابت در داخل یک سیلندر نشان داده می‌شود.

مراحل تبدیل آب به بخارآب بدین ترتیب است که در ابتدا آب تا رسیدن به نقطهٔ جوش حرارت داده می‌شود و در صورت ادامهٔ اعمال حرارت، آب شروع به بخارشدن می‌کند (مانند شکل C) به طوری‌که در داخل حجم پیستون مخلوطی از آب (که به ۱۰۰ درجهٔ سانتیگراد رسیده است) با بخار تشکیل

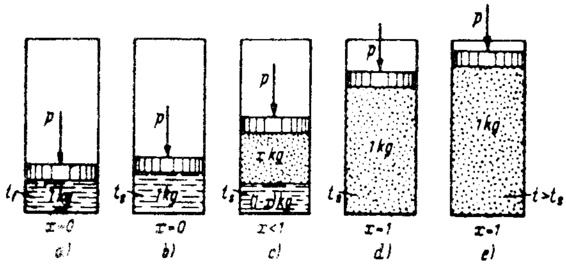
می‌شود.

مخلوط آبی که براثر اعمال گرما به نقطهٔ جوش رسیده است با بخارآب را «بخار مرطوب» می‌نامند که در اینجا با حالت شکل C مطابقت دارد.



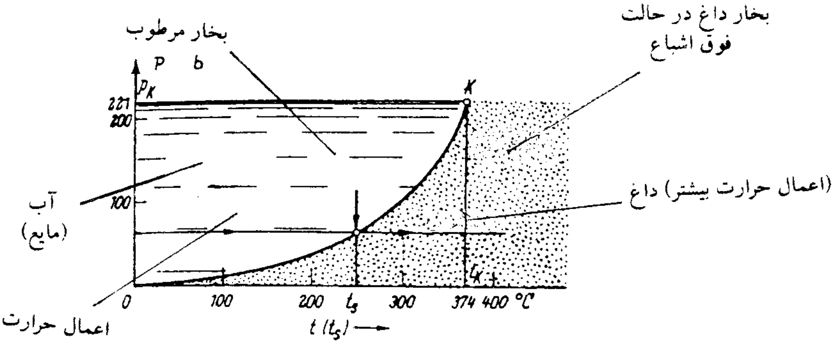
بخار مرطوب

بنابراین در صورت تبخیر آب در مرحلهٔ اول تشکیل می‌شود که مخلوطی از بخارآب و آبی است که در اثر اعمال گرما به نقطهٔ جوش رسیده است و به عبارت دیگر مخلوطی از مایع در حالت اشباع‌شده است و بخار آب می‌باشد. سپس در صورت ادامهٔ اعمال حرارت، همهٔ ذرات مایع تبخیر می‌شود و در این صورت بخار خشک به حالت اشباع می‌رسد که به آن «بخار اشباع» می‌گویند. (مانند شکل d)



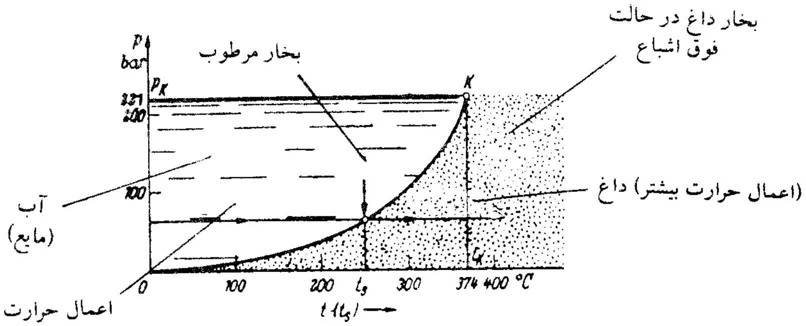
پس فرآیند تبخیر آب یک فرآیند مرحله‌ای می‌باشد به طوری‌که در مرحلهٔ اول تشکیل می‌شود که مخلوطی از مایع در حالت اشباع شده و بخارآب است.
سپس درصورت ادامهٔ اعمال حرارت، به‌حالت اشباع می‌رسد زیرا همهٔ ذرات مایع تبخیر می‌شوند. حال اگر را بیشتر حرارت دهیم در آن صورت بخار اشباع به مرحلهٔ «بخار در حالت داغ» می‌رسد. (بخار داغ)

بخار مرطوب
بخار خشک
بخار اشباع



این دیاگرام مراحل تبخیر آب را نشان می‌دهد.
همان‌طور که در این دیاگرام مشاهده می‌شود با افزایش درجه حرارت، میزان بخارآب نیز افزایش می‌یابد.
بنابراین تغییر فشار بخار به تغییر درجهٔ حرارت بستگی دارد و در صورتی که در روی دیاگرام میزان تغییر فشار بخار را بر حسب تغییرات دما اندازه‌گیری کنیم در آن صورت «منحنی فشار بخار اشباع شده» به‌دست می‌آید.

فشار



در شکل بالا روی وابستگی افزایش میزان بخار به تغییرات درجهٔ حرارت نشان داده می‌شود به طوری‌که هرچه میزان درجهٔ حرارت افزایش یابد به همان نسبت به میزان بخارآب نیز افزوده می‌گردد.

حال اگر آب را متناسب با افزایش فشار بخار تا میزان ۳۷۴٫۱۵°C حرارت دهیم، در آن صورت بدون تشکیل مرحلهٔ «بخار مرطوب» مستقیماً بخار از حالت اشباع نیز فراتر می‌رود.

این دما را که در آن به حالت فوق اشباع می‌رسد، «دمای بحرانی بخار» می‌نامند.

بنابراین دمای بخار در ۳۷۴٫۱۵°C به دمای می‌رسد.

اما در صورتی که دمای بخار از دمای بحرانی نیز تجاوز کند، در آن صورت بخار با هیچ فشاری دیگر به مایع تبدیل نمی‌شود و به عبارتی در صورت افزایش فشار دیگر فرآیند میعان ایجاد نخواهد شد.

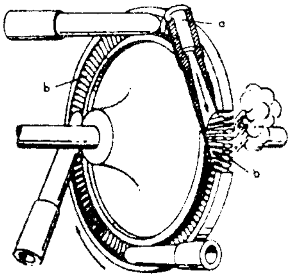
به‌طور مثال در بیشتر توربین‌های بخار نیروگاه‌ها، بخار تحت فشار ۲۰۰ اتمسفر به دمای ۵۳۵°c می‌رسد که در این حالت بخار دیگر با افزایش فشار به مایع تبدیل نمی‌شود.

منحنی فشاربخار

اشباع‌شده ـ فشار

فشار

بحرانی بخار

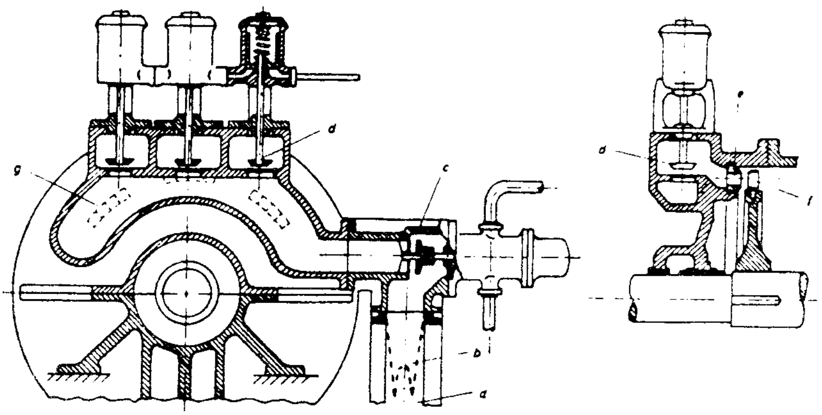


در شکل بالا تصویر شماتیکی از یک .... نشان داده می‌شود.

توربین بخار

همان‌طور که در اینجا مشاهده می‌شود، بخار از نازل (a) خارج شده و در امتداد محور از میان پره‌های رتور (b) عبور می‌کند که درنتیجه با این عمل به .... فشار آورده می‌شود به‌طوری که سبب حرکت پره‌های متحرک به‌طرف جلو می‌گردد.

پره‌های رتور

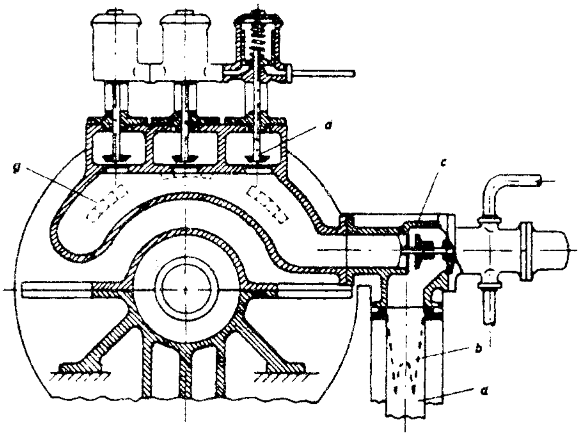


تصویر بالا یک توربین بخار را نشان می‌دهد.

توربین بخار

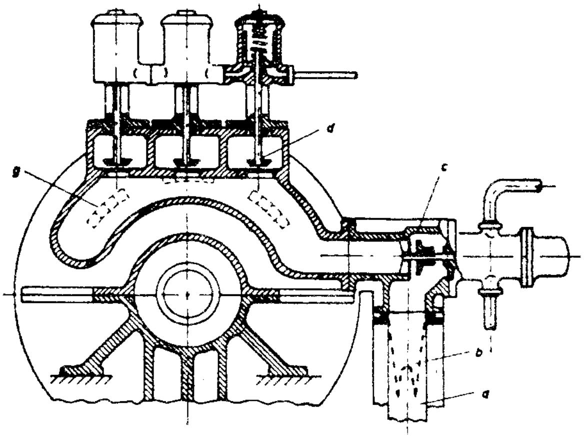
در این   نیز بخارآب از لوله a عبور می‌کند و پس از عبور از شیر c به شیر نازل d می‌رسد و سپس از آنجا خارج شده به نازل g وارد می‌شود.

بنابراین همان‌طور که مشاهده می‌شود، در اینجا چند نازل وجود دارد که جهت دهانه‌های آنها به سمت پره‌های رتور قرار گرفته است.



بخارآب در این توربین بخار نیز از لوله a به طرف توربین جریان دارد و در اینجا با استفاده از شیر d می‌توان مقدار بخاری که باید وارد توربین شود، کنترل کرد.

بنابراین می‌توان گفت که سوپاپ‌ها به عنوان وسایلی برای تنظیم مقدار بخار به‌کار می‌روند.

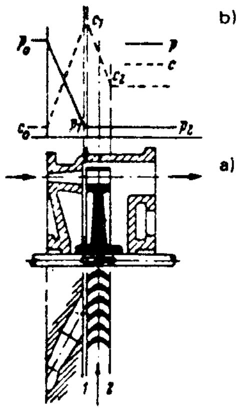


سوپاپ‌ها

بخار آب در این توربین بخار از لوله a به طرف توربین جریان دارد به‌طوری‌که مقدار بخاری که به توربین می‌رسد، توسط تنظیم می‌شود.

بنابراین از سوپاپ به عنوان وسیله‌ای برای تنظیم مقدار بخار استفاده می‌شود.

به‌طور کلی انرژی حرارتی بخار پس از رسیدن به نازل‌ها به انرژی حرکتی تبدیل می‌شود.



در اینجا تصویر شماتیکی از یک توربین ضربه‌ای یک مرحله‌ای نشان داده می‌شود.

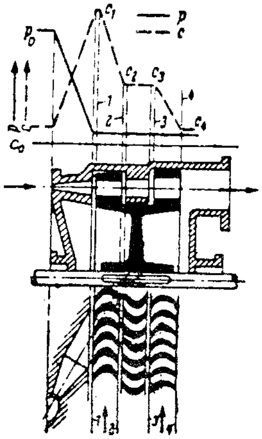
شکل a نشان می‌دهد که چگونه بخار از نازل‌ها عبور می‌کند و در آنجا انرژی حرارتی به .... تبدیل می‌شود. — انرژی حرکتی

در شکل بالا روی دیاگرام (b) رابطهٔ بین فشار (P) با سرعت (C) در حالتی که انرژی حرارتی بخار به انرژی حرکتی تبدیل شده است، نشان داده می‌شود. در اینجا P_0 فشار بخار (در حالتی که بخار ماکزیمم انرژی حرارتی خود را دارد) است و فشار هوا در دهانه نیز با علامت P_2 نشان داده می‌شود که به آن «فشار متقابل» نیز می‌گویند.

آیا مقدار فشار بخار (در حالتی که انرژی حرارتی بخار به انرژی حرکتی تبدیل شده است) برابر مقدار فشار متقابل می‌باشد؟ بله یا خیر؟ — بله

مقدار فشار بخار (در حالتی که انرژی حرارتی بخار به انرژی حرکتی تبدیل شده است) برابر فشار متقابل است.$(P_1=P_2)$

از آنجایی‌که این توربین دارای یک ردیف پره‌های متحرک می‌باشد بنابراین انرژی حرارتی بخار فقط یک بار به انرژی حرکتی تبدیل می‌شود که به همین علت این توربین جزو توربین‌های ضربه‌ای یک‌مرحله‌ای محسوب می‌شود.



آیا توربین Curtis یک توربین یک‌مرحله‌ای است؟ بله یا خیر؟

خیر

توربین Curtis یک توربین یک‌مرحله‌ای نیست زیرا این توربین دارای چند ردیف از پره‌های متحرک می‌باشد که به همین علت به آن یک «توربین چند مرحله‌ای» می‌گویند.

در این توربین .... ،بخار در حالتی که انرژی حرارتی‌اش به انرژی حرکتی تبدیل شده است با سرعت C_1 به اولین طبقه از پره‌های رتور وارد می‌شود به طوری‌که در هنگام خروج از اولین طبقه از پره‌های رتور سرعت بخار C_2 کمتر از C_1 می‌باشد.$(C_2 < C_2)$

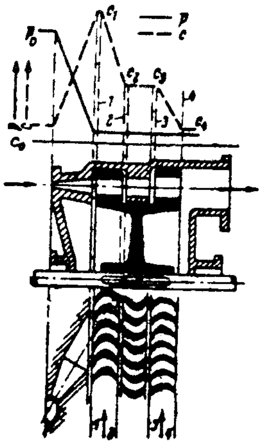
چند مرحله‌ای

سپس بخار در هنگام ورود به ردیف پره‌های راهنما (2-3)

تغییر جهت می‌دهد و با سرعت $C_3=C_2$ وارد دومین طبقه از پره‌های متحرک می‌شود و بعد با سرعت $C_4<C_3$ دوباره از آنجا خارج می‌گردد.

پس سرعت بخار به‌طور مرحله‌ای در این توربین تغییر می‌کند در حالی‌که میزان فشار بخار در هنگام عبور از هر سه طبقه ثابت می‌ماند.

بنابراین به چنین توربینی که میزان سرعت بخار با عبور از پره‌ها به‌طور مرحله‌ای تغییر می‌کند، یک «توربین ضربه‌ای» می‌گویند.

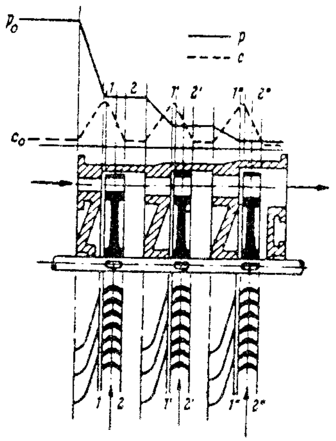


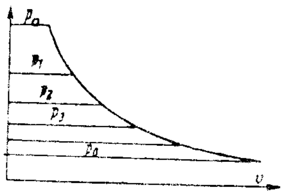
در اینجا تصویر شماتیکی از یک توربین Curtis نشان داده می‌شود.

در این توربین Curtis که یک ... است و دارای	توربین ضربه‌ای
چند ردیف پرهٔ متحرک، می‌باشد، میزان ... بخار در	سرعت
حالتی که انرژی حرارتی‌اش به انرژی حرکتی تبدیل شده،	

در پره‌ها به‌طور مرحله‌ای تغییر می‌کند درحالی‌که میزان بخار تغییر نمی‌کند و ثابت می‌ماند به طوری‌که میزان فشار بخار در هنگام ورود به اولین ردیف از پره‌های رتور با میزان فشار بخار در موقع خروج از آخرین ردیف از پره‌ای رتور برابر است.

فشار





در شکل بالا تصویر شماتیکی از یک نوع توربین ضربه‌ای نشان داده می‌شود.

اما آیا در این نوع توربین نیز مانند توربین Curtis میزان سرعت بخار به‌طور مرحله‌ای تغییر می‌کند؟ بله یا خیر؟

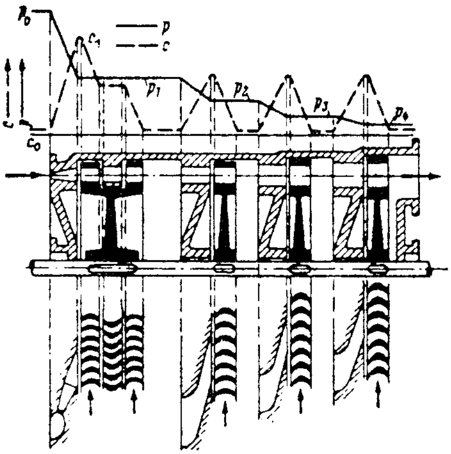
خیر

در این نوع توربین میزان سرعت بخار به‌طور مرحله‌ای تغییر نمی‌کند بلکه برخلاف توربین Curtis میزان سرعت بخار در هنگام عبور از همهٔ ردیف‌های پره‌ها ثابت می‌ماند در حالی‌که میزان فشار بخار به‌طور مرحله‌ای تغییر می‌کند.

بنابراین چنین توربینی یک توربین ضربه‌ای .... است که در آن میزان .... ثابت نیست و به‌طور مرحله‌ای

چند مرحله‌ای
فشار

تغییر می‌کند.



این یک توربین مرکب است که از ترکیب دو نوع توربین تشکیل شده است و به آن یک   می‌گویند زیرا بخار با عبور از پره‌های متحرک سرعت نمی‌گیرد.

همان‌طور که در تصویر مشاهده می‌شود، در قسمت سمت چپ که توربین ضربه‌ای Curtis است، میزان   بخار به‌طور مرحله‌ای تغییر می‌کند اگرچه میزان فشار بخار ثابت می‌باشد. اما در حالی که در قسمت سمت راست تغییر   بخار به‌طور مرحله‌ای انجام می‌شود، سرعت بخار در هنگام عبور از همهٔ ردیف‌های پره‌ها ثابت می‌باشد.

آیا بخار با همان درجه حرارتی از آخرین طبقه از پره‌ها خارج می‌شود که در هنگام ورود به اولین ردیف از پره‌ها داشته است؟ **بله یا خیر؟**

توربین ضربه‌ای

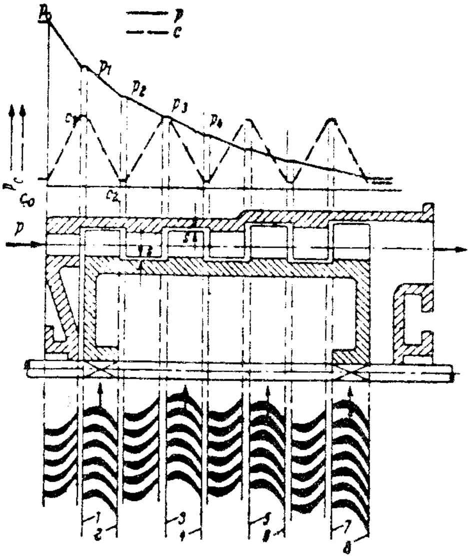
سرعت

فشار

خیر

مقدار درجه حرارت بخار در هنگام خروج از توربین کمتر از مقدار درجه حرارت بخار در موقع ورود به توربین است و به عبارتی میزان درجه حرارت .... می‌کند.

افت



در اینجا نیز تصویر شماتیکی از یک توربین .... نشان‌داده می‌شود که در آن بخار در هنگام عبور از میان پره‌های رتور شتاب می‌گیرد که به این نوع توربین، یک توربین .... گفته می‌شود.

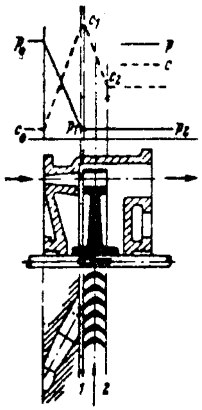
چند مرحله‌ای
عکس‌العملی

اما آیا در این توبین عکس‌العملی افت حرارت ایجاد می‌شود؟ بله یا خیر؟

بله

در هر توربین بخار .... به‌وجود می‌آید که در نتیجه میزان فشار نیز بسیار زیاد می‌شود و به همان نسبت نیز انبساط بخار بسیار شدید می‌باشد.

افت حرارت



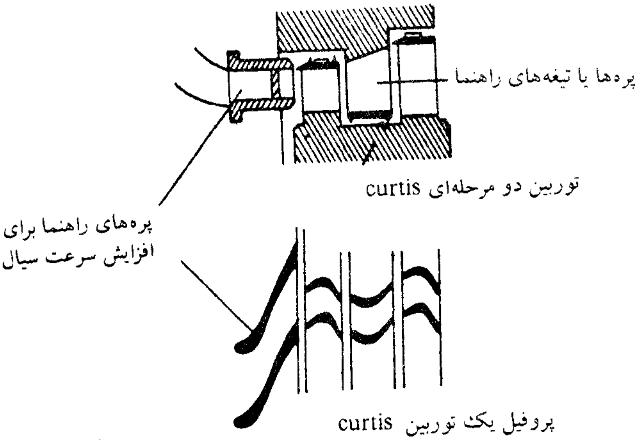
در شکل بالا تصویر شماتیکی از یک توربین ضربه‌ای یک مرحله‌ای نشان داده می‌شود.

در این توربین، بخار آب در پره‌های ساکن منبسط می‌شود و سپس از میان کانال‌های بین پره‌های متحرک عبور می‌کند.

بنابراین انبساط بخار در نازلها انجام می‌شود.

اگر چه در یک توربین عکس‌العملی چند مرحله‌ای بخار در نازلها یا به عبارتی در ردیف پره‌های ساکن منبسط می‌شود اما عمل انبساط بخار در ردیف پره‌های متحرک نیز به‌طور مداوم انجام می‌شود.

به‌طور کلی بخار در توربین‌ها بسیار شدید منبسط می‌شود به‌طوری که عمل انبساط سبب افزایش شدید حجم بخار می‌گردد.



«توربین Curtis»

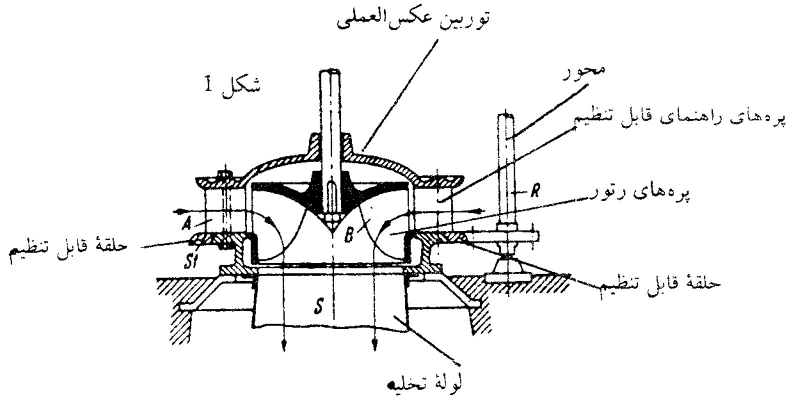
توربین Curtis دارای ردیف‌هایی از متحرک رتور | پره‌های
و ساکن راهنما می‌باشد به‌طوری‌که جریان سیال در | پره‌های
هنگام عبور از کانال بین پره‌های رتور سرعت نمی‌گیرد زیرا سطح مقطع کانال بین پره‌ها ثابت است و حالت دیفوزری شکل ندارد.

اگر چه جریان سیال در هنگام عبور از پره‌های ساکن در اثر
افت شتاب می‌گیرد اما میزان و | فشار ـ سرعت
سیال در عبور از پره‌های رتور ثابت می‌ماند. | فشار

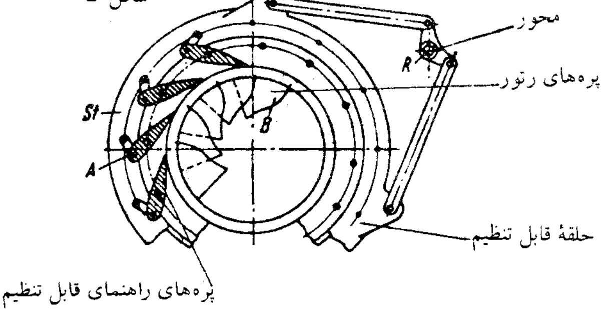
«توربین‌های ضربه‌ای ـ عکس‌العملی Curtis»

توربین‌های Curtis توربین‌هایی هستند که در آنها ایجاد افت
فشار و افت حرارت در سبب می‌شود تا انرژی | پره‌های راهنما

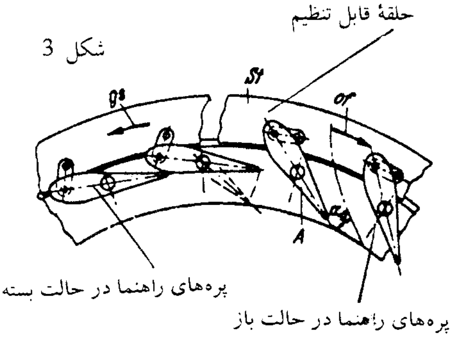
فشاری سیال به انرژی تبدیل گردد درحالی‌که جریان	حرکتی
سیال پس از هدایت‌به‌سوی پره‌های‌رتور دیگر نمی‌گیرد	شتاب
و سیال نیز ثابت می‌ماند.	فشار
حال اگر میزان افت فشار و افت حرارت در یک مرحله در	
پره‌ها زیاد باشد، در آن صورت سیال پس از ترک رتور هنوز	
دارای قابل توجیهی می‌باشد به‌طوری‌که جریان سیال	انرژی
می‌تواند پس از تغییر جهت در به‌سوی یک	پره‌های‌ساکن‌راهنما
ردیف دیگر از (دومین ردیف از)	پره‌های‌متحرک ـ
هدایت شود و در صورتی که انرژی جریان سیال باز هم برای	پره‌های متحرک
حرکت‌کافی باشد، سیال‌می‌تواند سبب حرکت سومین‌ردیف از	
شود.	پره‌های متحرک



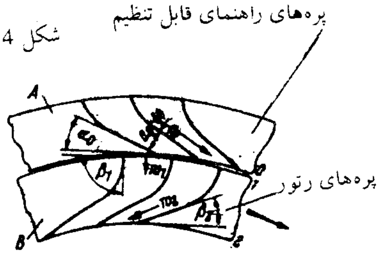
شکل 1



شکل 2



شکل 3



شکل 4

«توربین‌های عکس‌العملی»

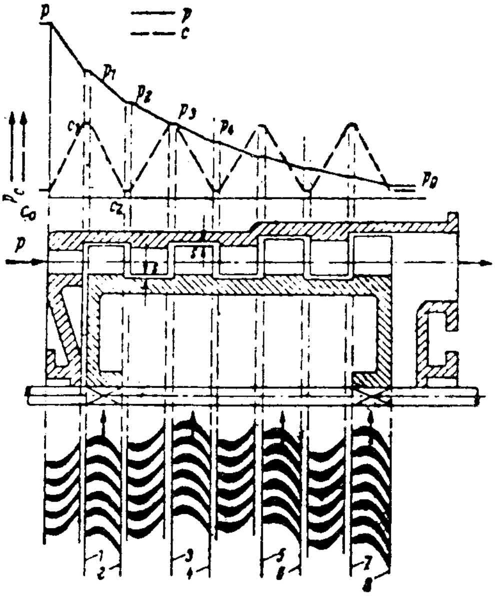
در توربین‌های عکس‌العملی هم در پره‌های ساکن (پره‌های راهنما) و هم در پره‌های متحرک (پره‌های رتور) انرژی فشاری به انرژی حرکتی تبدیل می‌شود.

شکل ۱ تصویر شماتیکی از یک توربین عکس‌العملی محوری را نشان می‌دهد که در سال ۱۸۴۹ توسط فرانسیس (Francis) ساخته شده و به‌نام او نامگذاری شد.

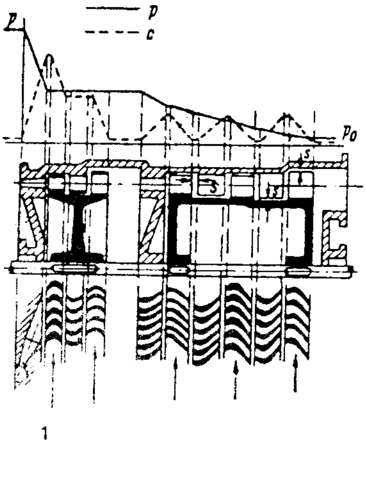
جریان آب که از بیرون وارد توربین می‌شود ابتداد وارد پره‌های راهنمای A می‌شود که این پره‌ها قابل تنظیم بوده و پس از عبور از پره‌های راهنمای قابل تنظیم A وارد پره‌های متحرک رتور B می‌شود و در آنجا در جهت شعاع از بین پره‌ها عبور کرده و سپس در جهت محوری از لولهٔ تخلیهٔ S خارج می‌شود و توربین را ترک می‌کند.

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، پره‌های راهنمای قابل تنظیم A توسط محور R که به حلقهٔ قابل تنظیم st متصل است، تنظیم می‌شود و بدین ترتیب سطح مقطع بین پره‌های راهنما می‌تواند تنظیم شود.

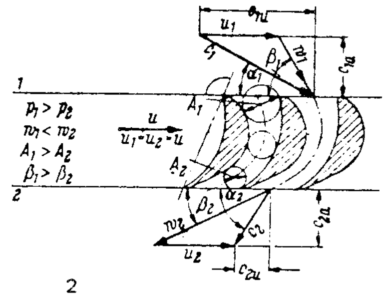
همچنین شکل ۳ نیز نشان می‌دهد که پره‌های راهنمای قابل تنظیم در حالت باز و بسته قرار دارند.



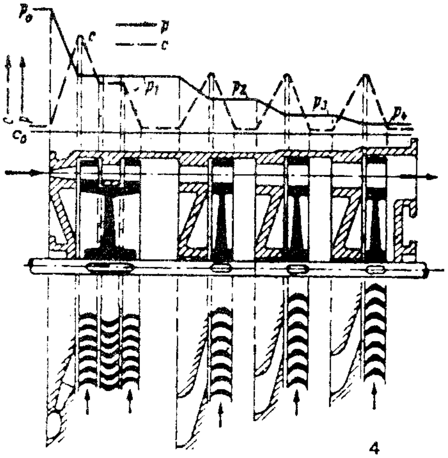
3



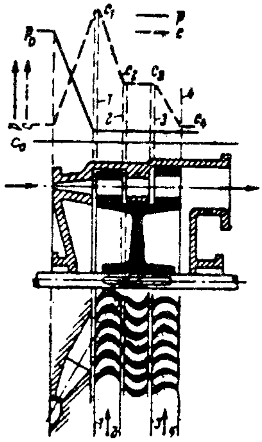
1



2



4



5

«توربین‌های بخار»

«توربین‌های ضربه‌ای»

در شکل ۵ که تصویر شماتیکی از یک توربین ضربه‌ای را نشان می‌دهد، میزان سرعت سیال در هنگام عبور از ردیف‌های پره‌ها به‌طور مرحله‌ای تغییر می‌کند.

در این توربین که جریان سیال در نازل در اثر افت فشار، سرعت می‌گیرد، میزان فشار سیال بین نقاط ۱ و ۴ ثابت می‌باشد و از میزان انرژی حرکتی جریان سیال در عبور از پره‌های متحرک رتور ۲-۱ و ۴-۳ کاسته می‌شود.

بدین ترتیب بخار در هنگام عبور از پره‌های ساکن راهنما ۳-۲ فقط تغییر جهت می‌دهد. بنابراین چنین توربینی که دارای دو ردیف پرهٔ متحرک بوده و میزان سرعت سیال در آن به‌طور مرحله‌ای تغییر می‌کند اما میزان فشار بخار در هنگام ورود به اولین ردیف از پره‌های رتور با میزان فشار بخار در هنگام خروج از آخرین ردیف از پره‌های رتور برابر می‌باشد، مشخصات یک توربین Curtis را دارد.

همانطور که در تصویر ۴ مشاهده می‌شود، این توربین چند مرحله‌ای از ترکیب دو نوع

توربین تشکیل شده است که از توربین Curtis در آن به‌عنوان اولین مرحله استفاده می‌شود و در چنین توربینی میزان درجه حرارت بخار در هنگام خروج از توربین کمتر از مقدار درجه‌حرارت بخار در موقع ورود به توربین است.

«توربین‌های عکس‌العملی»

اگر چه در توربین‌های ضربه‌ای انرژی فشار فقط در نازل‌ها به انرژی حرکتی تبدیل می‌شود اما در توربین‌های عکس‌العملی، انرژی فشاری هم در پره‌های رتور و هم در پره‌های راهنما به انرژی حرکتی تبدیل می‌شود.

حال اگر به شکل ۳ که تصویر شماتیکی از یک توربین عکس‌العملی چند مرحله‌ای را نشان می‌دهد، توجه شود، مشاهده می‌کنیم که بخار پس از عبور از پره‌های راهنما وارد پره‌های رتور ۲-۱ می‌شود.

در اینجا در شکافی که بین پره‌های رتور و پره‌های راهنما وجود دارد، فشار بخار با علامت P_1 نمایش داده می‌شود به‌طوری که میزان فشار P_1 بیشتر از میزان فشار P_2 می‌باشد زیرا در این توربین بخار افت فشار وجود دارد و بخار در هنگام عبور از پره‌های رتور شتاب می‌گیرد.

همچنین با توجه به تصاویر می‌توان طرح شماتیکی از پره‌های این توربین عکس‌العملی چند مرحله‌ای را در شکل ۲ مشاهده کرد.

«توربین‌های ضربه‌ای ـ عکس‌العملی»

در شکل ۱ تصویر شماتیکی از یک توربین مرکب ضربه‌ای ـ عکس‌العملی نشان داده می‌شود که از یک توربین ضربه‌ای چند مرحله‌ای Curtis با یک توربین عکس‌العملی چند مرحله‌ای تشکیل شده است.

«توربین‌های آبی»

در توربین‌های آبی انرژی هیدرولیکی سیال به علت حرکت توربین به‌صورت انرژی گشتاوری به محور توربین منتقل می‌شود و به عبارتی دیگر انرژی پتانسیل سیال به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود و به منظور حرکت ماشین‌های مکانیکی و ژنراتورها مورد استفاده قرار می‌گیرد. یک توربین آبی تشکیل می‌شود از یک‌سری پرهٔ‌متحرک که‌پره‌های رتور نامیده می‌شود و یک‌سری پرهٔ ساکن که به آنها پره‌های راهنما هم‌می‌گویند.

از آنجایی که جهت برخورد جریان سیال به پره‌های رتور می‌تواند در جهت شعاع و یا عمود بر محور گردش رتور قرار بگیرد در این صورت توربین آبی می‌تواند از نوع توربین آبی جریان شعاعی یا توربین آبی جریان محوری و یا حتی مختلط باشد.

چون سطح مقطع بین پره‌های راهنما قابل تغییر می‌باشد بنابراین متناسب با تغییر نوسانات بار قابل تنظیم می‌باشد.

به‌طور کلی توربین‌های آبی را می‌توان چنین طبقه‌بندی کرد:

۱. بر اساس جهت برخورد سیال به پره‌های رتور (توربین‌های جریان محوری، توربین‌های جریان شعاعی)

۲. ازنظر افت فشار درطول پره‌های رتور (توربین‌های‌ضربه‌ای،توربین‌های‌عکس‌العملی)

- در توربین‌های ضربه‌ای (Action) تغییرات فشار سیال در ردیف پره‌های ساکن انجام می‌شود. بدین‌صورت که جریان سیال در عبور از پره‌های راهنما بر اثر افت فشار، سرعت می‌گیرد و در نتیجه جریان سیال به داخل رتور هدایت شده اما فشار سیال در موقع عبور از پره‌های متحرک رتور ثابت است. بدین ترتیب انرژی فشاری فقط در پره‌های ساکن به انرژی حرکتی تبدیل می‌شود. مانند توربین پلتون (Pelton).

- اما در توربین‌های عکس‌العملی تبدیل انرژی فشاری سیال به انرژی حرکتی هم در پره‌های راهنما و هم در پره‌های رتور انجام می‌شود.

توربین‌های عکس‌العملی (Reaction) را می‌توان برحسب جهت جریان سیال به داخل پره‌های رتور به انواع توربین‌های آبی عکس‌العملی تقسیم‌بندی کرد مانند: توربین فرانسیس شعاعی (Francis)، توربین فرانسیس مختلط و توربین آبی عکس‌العملی محوری مانند توربین کاپلان (Kaplan).

ویرایش کتاب پس از تالیف توسط:

Prof. Dipl.-Ing. E. Enzansberger, Konstanz
Prof. Dipl.-Ing. H. Lorenz, München

مراجع:

Ein Teil der Texte und Zeichnungen Wurde folgenden Werken entonmmen:

Das große ADAC Autobuch, Verlag Das Beste, Stuttgart, S. 33.

NTF 2:S. 268-269.

Decker, K.-H., Maschinenteile Band I, Verbindungselemente, Carl Hanser Verlag, München, S. 28, 39, 59, 122, 203, 387.

NTF 2: S. 291, 18, 25, 75, 77, 78.

Dubbel, Taschenbuch des Maschinenbaus, Springer-Verlag, Heidelberg, S.667.

NTF 2: S. 35.

Grohe, Otto-und Dieselmotoren, 4., überarbeitete und erweiterte Auflage 1979, Vogel-Verlag, Würzburg, S. 13, 43.

NTF 2: S. 285.

Haage, H.-D., Maschinenkunde, Kraft-und Arbeitsmaschinen, Carl Hanser Verlag, München, S. 18-20, 11ff, 132-133, 123, 28, 106ff, 111-112, 73-74.

NTF 2: 231, 250 / 251, 280 / 281, 291.

Kalide, W., Technische Strömungslehre, Carl Hanser Verlag, München, S.15-19.

NTF 2: S. 307.

Meyers Lexikon der exakten Naturwissenschaften und Technik, Mannheim/Wien/Zürich 1970, 2 Bde.; Bd. 1, S. 503 u. 669, 625 / 26, 572 / 73;

Bd. 2, S. 1661, 1589, 1574, 689, 1973, 1495: Bd. 3, S. 2778, 1916 / 17, 2717.

NTF 2: 351, 322 / 323, 95: 109, 77, 124, 129, 135, 234 / 235, 277 / 78 / 79.

Roloff/Matek, Maschinenelemente, Vieweg, Braunschweig, 1976, S. 107, 201-202, 58 u. 91ff, 242, 342/44, 378ff, 584, 555, 421u. 584, 545, 310, 319, 321, 327.

NTF 2: 44, 67, 79, 105, 126 / 27, 134, 163 / 64, 213, 145.

NTF
Hinführung zur naturwissenschaftlich-technischen Fachsprache Maschinenbau

واحد صنعتی امیر کبیر

آدرس مرکز پخش :

تهران- خیابان حافظ- جنب دانشگاه صنعتی امیر کبیر

تلفن:۶۴۶۵۳۹۲ فاکس:۶۹۵۰۹۸۲

شابک: ۹-۷۱-۶۰۹۶-۹۶۴ ISBN:964-6096-71-9